الوجيز في

التهوية الآلية



د. طلال نقار

الطبعة الثانية 2010

الوجيز
في التهوية الآليـة

د. طــلال نقــار

البريد الإلكتروني: talalexe @hotmail.com

mobile: 094992914

المقدمة

الحمد لله حمدا يوافي نعمه ويكافئ مزيده، وبعد فقد وفقني الله لأن اتم هذا العمل المتواضع ومنّ علي بإنجازه وأسأله تعالى أن يجعله عملا خالصا لوجهه الكريم.

تعود فكرة الكتابة في موضوع التهوية الآلية إلى مدة سنة تقريبا حيث لاحظت مع بعض زملائي وجود نقص في الخبرات العملية والأسس النظرية في موضوع التهوية الآلية عند الأطباء الممارسين لطب العناية المشددة والتهوية الآلية على وجه الخصوص إضافة لندرة المراجع الجيدة في هذا المجال وتعقيدها وكبر حجمها في حال وجودها، فقمت وقتها وبتشجيع من الزملاء بالتحضير لهذا الموضوع عن طريق البحث في الإنترنيت ومقالات الـ Up to date فكان أن وفقني الله لإنجاز سلسلة من المحاضرات ألقيت على مدرج الداخلية في مشفى المواساة بدمشق (2006-4) وقد لاقت والحمد لله صدىً حسناً لدى الزملاء.

واليوم فانا أتم وبعون ومنة من الله مشروعي الذي بدأته بأن أصدر كتابا مختصرا في التهوية الآلية، ليضاف إلى مكتبتنا العربية الفقيرة بهذا المجال. لقد حاولت في هذا الكتاب تبسيط الأفكار المعقدة في هذا العلم مع الحفاظ على الأساسيات والتدرج في طرح المعلومات.

لقد عدت في هذا العمل إلى أهم وأحدث المراجع التي توافرت لدي في هذا المجال بالإضافة لمقالات الإنترنت، أخص بالذكر هنا الموقع الألكتروني ccmtoturials.com والذي يعد بحق أهم مصدر تعلمت منه أصول وفقه التهوية الآلية (يشرف على هذا الموقع الدكتور Patrick Neligan من جامعة بنسلفانيا)، وأيضا أخص بالشكر الدكتور مازن خير الله الذي أتحفنا بمحاضراته الرائعة في التهوية الآلية (القي معظمها على مدرج الداخلية في مشفى المواساة وتتوافر على موقعه الألكتروني icumedicus.com) بالإضافة للدكتور ياسين عرابي الذي قدم لنا أجمل المعلومات في مؤتمر العناية المشددة الذي أقامه مركز التعليم الصحي والطبي المستمر في مدينة حماه العام الفائت (3-4/11/2006).

اتوجه بجزيل الشكر لكل زملائي وأصدقائي الذين قدموا لي الدعم والتشجيع وكانوا لي خير معين لي على إنجاز هذا العمل المتواضع، وأؤكد على دورهم في إنجاح هذا العمل والمساعدة في تأمين المراجع المناسبة، وأخص بالذكر كلا من د.حكم الزعيم، د. عصام الحريري، د. محمد مصطفى الحسين، د.حمزة العلي، د.عماد سباعي جزاهم الله كل خير.

اخيرا أتمنى من الزملاء الأطباء الذين سيقرأون هذا الكتاب ألا يبخلوا علي بنصائحهم وتوجيهاتهم على أمل الوصول بهذا العمل إلى مدارج الكمال.

د. طلال نقار

talalexe @hotmail.com

24 /2 /2007

مقدمة الطبعة الثانية

الحمد لله حمدا يوافي نعمه ويكافئ مزيده، وبعد عامين على صدور الطبعة الأولى من هذا الكتاب، أحمد الله على منّه وفضله، وأساله تعالى أن يجعله في ميزان حسناتي يوم الحساب.

لقد حقق هذا الكتاب انتشارا جيدا في أقسام العناية المشددة في مختلف المحافظات السورية وقد أقبل عليه الأطباء المقيمون والممارسون لطب العناية المشددة بشكل كبير، هناك العديد من العوامل التي أسهمت في ذلك الانتشار، قد يكون منها قلة الكتب العربية المترجمة المتوافرة في هذا المجال.

وقد تلقيت الكثير من الثناء والانتقاد لهذا الكتاب شأنه شان بقية الكتب، وذلك ما أسعدني كثيرا حيث أنه يدل على اهتمام جيد بالكتاب وبمحتواه العلمي.

أول هذه الانتقادات هو كثرة الأخطاء الطباعية والتي لا يخفى على القارئ الفطن تصحيحها، كما أنها لا تزعج كثيرا أثناء القراءة المتأنية. لقد راجعت الكتاب كثيرا عند الإنتهاء من كتابة الطبعة الأولى، وحاولت تنقيح الأخطاء الطباعية ما استطعت، ولكنه في النهاية عمل بشري ولن يصل إلى الكمال مهما حاولت.

أيضا تم توجيه الإنتقاد بسبب تركيز المادة العلمية وتكثيفها مع قلة الرسوم والأشكال والشروح، ويصل ذلك إلى درجة غموض بعض الفقرات المشروحة أحيانا. قد يكون ذلك صحيحا إلى درجة ما ولكنني آثرت في كتابي التبسيط والاختصار وتقليل الشطط في الكلام. سوف أتلافى هذه النقطة في الطبعات القادمة إن شاء الله.

كما لفت نظري أحد الزملاء الأعزاء إلى وجود خطأ في الجرعات الدوائية الموجودة في بحث المركنات والمسكنات والمرخيات، وقد علمت منه خطأ ذكر الجرعات الدوائية في هذا الكتاب، إذ لا بد من الرجوع إلى مراجع الأدوية المعتمدة في قسم العناية المشددة لدى إعطاء اي دواء.

وقد راجعت الكتاب كثيرا بعد صدوره وسألت الكثير من الزملاء ممن قرأوه بحثا عن خطأ علمي يجب تصحيحه، فكان هناك خطأ لا بد من لفت النظر إليه، وهو في الصفحة 126 عند الحديث عن فرط الكاريامية المتعمد حيث ذكر أن (فرط CO_2 يؤدي إلى *تثبيط* الاستجابة الودية) وذلك خطأ والصواب هو أن (فرط CO_2 يؤدي إلى *زيادة* الاستجابة الودية).

أتوجه بجزيل الشكر لكل الزملاء والأصدقاء الأعزاء الذين ساهموا في إنجاح الكتاب والمحاضرات المرافقة له، وقد كانوا فعلا الحافز والدافع لي للاستمرار بهذا المشروع وطباعة الكتاب مرة ثانية.

أخيرا أتمنى من الزملاء الأطباء ألا يضنوا علي بنصائحهم وتوجيهاتهم وانتقاداتهم على أمل الوصول بهذا العمل إلى مدارج الكمال.

د. طلال نقار

talalexe@hotmail.com

04-01-2010

الأبحـــاث

- •لمحة تاريخية
- •مدخل إلى التهوية الآلية
- •القصور التنفسي وفيزيولوجيا الجهاز التنفسي
- •التهوية الآلية:
  - الإستطبابات والأهداف
  - التأثيرات الفيزيولوجية
- •ميكانيكيات الرئة:
  - معادلة الحركة
  - المقاومة
  - المطاوعة
  - الحجوم الرئوية
  - الضغوط ضمن الطرق الهوائية
- •جهاز التهوية الآلية:
  - الأقسام والدارة
  - المرطبات والفلتر
- •تصنيف التهوية الآلية:
  - Control
  - Limit
  - Cycle
  - Trigger
  - انماط موجة الجريان
  - أنواع الحركات التنفسية
- •انظمة التهوية الآلية:
  - التهوية مضبوطة الحجمVolume Control
  - A/C , SIMV
- •الإعدادات البدئية للمنفسة:
  - تصنيف الإصابات الرئوية
  - متغيرات المنفسة (V.C)
- •**PEEP&AutoPeeP:**
  - آلية التأثير

- التأثيرات الفيزيولوجية
- الإستطبابات
- مضادات الإستطباب
- AutoPeeP : الآلية والتأثيرات والعلاج

- **نظام Pressure Support**
- **التهوية مضبوطة الضغط:**
  - متغيرات المنفسة P.C
  - مقارنة بين V.C&P.C
- **أنظمة التهوية غير التقليدية:**
  - التهوية مقلوبة النسبة
  - Dual Control
  - APRV
  - Bilevel
- **تحليل موجات المنفسة**
- **التهوية الآلية في حالات خاصة:**
  - ARDS
  - COPD
  - Asthma
  - الأذيات العصبية
- **العسرة التنفسية والإنذارات**
- **أذية الرئة المحدثة بالمنفسة**
- **التهوية الآلية غير الغازية: NPPV**
- **التركين والتسكين والإرخاء**
- **الفطام**
- **مواضيع في التهوية الآلية**
- **التهوية الآلية عند الولدان**

لمحة تاريخية

"an opening must be attempted in the trunk of the trachea, into which a tube of reed or cane should be put; you will then blow into this, so that the lung may rise again... and the heart becomes strong...

Andreas Vesalius (1555)

لقد استغرق الأمر أكثر من 400 عام قبل أن تصبح فكرة Andreas Vesalius موضع التنفيذ.

في عام 1876 صنع Woillez أول رئة حديدية. وفي عام 1889 صنع Alexander Graham Bell نموذجا أوليا للرئة الحديدية لاستعمالها عند الولدان. قدم Drinker عام 1929 جهازا للتهوية بالضغط السلبي (رئة حديدية) وكانت من أولى المنفسات التي انتشرت بشكل واسع ، لقد أنقذ حياة طفلة عمرها 8 سنوات مصابة بشلل الأطفال مع إصابة تنفسية حيث بقيت على المنفسة مدة 122 ساعة.

في منتصف الخمسينيات من القرن الماضي انتشر وباء شلل الأطفال في شمال أوربا ، حيث كان المرضى المصابون يموتون نتيجة الاختناق (بسبب شلل العضلات التنفسية وفشل التهوية المرافق). تم تكليف طلاب الطب (1400 طالب) آنذاك بالقيام بالتهوية اليدوية (الآمبو) لضحايا الشلل التنفسي (مناوبات لمدة 8 ساعات يوميا) حتى عودة الوظيفة التنفسية للناجين. لقد أدى استعمال هذه الطريقة (الآمبو اليدوي مع التزويد بالأكسجين 50% عبر قنية خزع رغامي) في كوبنهاغن –الدنمارك عند مرض شلل الأطفال مع إصابة تنفسية إلى إنقاص معدل الوفيات من 80% إلى 25% .

تم ابتكار الرئة الحديدية كبديل يقلد القفص الصدري في إحداث ضغوط سلبية أثناء التنفس وذلك لتحقيق حجم مقبول للتهوية السنخية (منفسات الضغط السلبي)، ولكن دور هذه المنفسات كان محدوداً في مرضى القصور التنفسي الناتج عن فشل الأكسجة ، كما أن وزنها الثقيل وكلفتها العالية قد حدا من استخدامها.

في هذه الأثناء(1960s) طورت شركة Emerson في بوسطن جهازا لتهوية الرئة بالضغط الإيجابي حيث وضع في مشفى Massachusetts وأصبح النموذج الأولي الذي اعتبر نجاحا باهرا. لقد كانت أولى منفسات الضغط الإيجابي تعمل بنظام التهوية مضبوطة الضغط Pressure control. بدأ العمل بنظام التهوية مضبوطة الحجم Volume control في الستينيات حيث أعطى هذا النظام موثوقية أكبر في تأمين حجم ثابت للتهوية بالدقيقة .

خلال السبعينيات والثمانينيات تم تطوير أجهزة التهوية الآلية حيث أصبح المريض قادرا على أخذ حركات عفوية على المنفسة (في البدء بشكل حركات مساعدة A/C ثم بشكل حركات عفوية SIMV). لقد كان نظام SIMV هو النظام الأول الذي سمح بتقديم دعم جزئي للمريض حيث يمكن تقليل هذا الدعم تدريجيا حتى فطم المريض عن المنفسة. تم تطوير نظام الدعم الضغطي Pressure support في البدء لتقديم دعم جزئي للمريض خلال قيامه بالحركات العفوية على نظام SIMV ، لكن سرعان ما اكتشف العلماء أن هذا النظام يمكن أن يستخدم كنظام تهوية بدئي مع تفاعل تام للمريض مع المنفسة وهنا يصبح الفطام أكثر سهولة.

خلال التسعينيات ظهر اهتمام واسع حول أذية الرئة المحدثة بالمنفسة VILI ، حيث أثبت أن الإستراتيجيات التي كانت تستخدم حجوماً مرتفعة للتهوية (Vt) مع قيم منخفضة للضغط الإيجابي بنهاية الزفير (PEEP) كانت تترافق بأذية أكبر للرئة. هذا أدى إلى تطوير استراتيجيات تضمن حماية الرئة وذلك باستخدام قيم مرتفعة من الـ(PEEP) للحفاظ على انفتاح الأسناخ مع استخدام حجوم منخفضة للتهوية وذلك لتقليل الأذية المحدثة بالشد. تم الاهتمام مجددا بتحديد ضغط الصفحة Plateau Pressure وزيادة ضغط الطرق الهوائية الوسطي MAP ، كما ظهرت استراتيجيات عدة لتحقيق هذه الأهداف.

لقد لعبت التكنولوجيا دوراً كبيراً في تطوير الأنظمة الحديثة للتهوية الآلية ولكن رغم ذلك فإن هذا التطوير لم يترافق بنتائج إيجابية كبيرة في مجال تحسين البقيا.

مدخل إلى التهوية الآلية

المنفسة هي جهاز لتقديم الدعم التنفسي الكامل أو الجزئي للمريض خلال الشهيق، قد تتضمن أيضا الحفاظ على ضغط الطرق الهوائية إيجابيا خلال الزفير. تعتبر المنفسة أداة موثوقة لتقديم تراكيز عالية ومضبوطة من الأكسجين للمريض إضافة لقيامها بتخفيف العبء عن المريض بتقليل المجهود التنفسي لديه.

عادة يحدث القصور التنفسي إما بسبب فشل في التهوية (يؤدي إلى ارتفاع قيم $PaCO_2$) أو نتيجة لفشل في الأكسجة (يؤدي إلى انخفاض PaO_2). يمكن علاج فشل التهوية من خلال زيادة حجم التهوية السنخية لدى المريض وذلك من خلال زيادة عدد مرات التنفس وعمق الحركات التنفسية لديه إما بمعاكسة السبب أو باستعمال جهاز التهوية الآلية، وذلك بشكل غازي أو غير غازي. يمكن علاج فشل الأكسجة والذي يحدث نتيجة انخماص الأسناخ الرئوية بشكل رئيس من خلال استعادة الحجوم الرئوية والحفاظ عليها (FiO_2, Recruitment maneuvers,PEEP) .

في مرضى القصور التنفسي تزيد متطلبات الجهاز التنفسي (العضلات) من الأكسجين لتبلغ 30% من نتاج القلب (حوالي 3% في الحالة الطبيعية) وذلك بسبب انخفاض المطاوعة الرئوية وزيادة مقاومة الطرق الهوائية، وهنا يأتي دور التهوية الآلية في تخفيف متطلبات استهلاك الأكسجين وتخفيف العبء التنفسي لدى المريض.

يمكن تقديم الدعم التنفسي عبر المنفسة من خلال أنظمة عديدة (مربكة نوعا ما)، تختلف هذه الأنظمة من ناحية أنواع الحركات التي يسمح للمريض بأخذها على المنفسة وطريقة ضبط المتغيرات (الحجم، الضغط، الجريان، الزمن).

إن تهوية الرئة بحجوم عالية جدا يؤدي إلى تمطيط الأسناخ وإحداث أذية رئوية، بينما تؤدي التهوية بحجوم منخفضة جدا إلى زيادة مساهمة الحيز الميت في التهوية وزيادة العبء التنفسي.

تهدف التهوية الآلية كعلم إلى جعل التبادل الغازي عبر الرئة مثاليا، بينما تهدف كفن إلى تحقيق ذلك الهدف دون إحداث أذية رئوية مرافقة.

عادة يرتبك الأطباء الجدد لدى دراسة الأنماط العديدة من أنظمة التهوية الآلية (A/C ,SIMV ,CPAP ,PS ,Dual, APRV, Bilevel) وتفضيل أحدها عن الآخر. في الحقيقة فإن هناك براهين قليلة تبين تفوق أحد هذه الأنظمة أو أنه هو النظام المثالي لجميع المرضى. ولكن فلنتذكر بأننا وبغض النظر عن النظام المستخدم فإننا نعمل على مخطط المطاوعة الرئوية نفسه للمريض (مخطط ضغط - حجم) ولكن الذي يختلف هو طريقة تقديم تيار الهواء المستنشق للمريض.

سوف نأتي في كتابنا هذا إن شاء الله على ذكر مختلف الطرق التي يتم من خلالها تقديم الدعم التنفسي للمريض، مع التركيز على الجوانب العملية، حيث سنبتعد عن الخوض في التفاصيل الهندسية قدر الإمكان.

القصور التنفسي وفيزيولوجيا الجهاز التنفسي

يعرف القصور التنفسي على أنه فشل في التبادل الغازي يحدث نتيجة ضعف في وظيفة أحد أجزاء الجهاز التنفسي. سريريا يتظاهر القصور التنفسي بحدوث نقص أكسجة (PaO2<60mmHg على مستوى سطح البحر) أو فرط كاريامية (PaCO2 >45 mmHg) أو كليهما. كما يصنف على أساس سرعة حدوثه إلى قصور تنفسي حاد أو مزمن. في القصور التنفسي الحاد تحدث اضطرابات مرضية كارثية تؤدي إلى فشل تنفسي مهدد للحياة، بينما في القصور التنفسي المزمن يحدث تدهور تدريجي يؤدي إلى ضعف في التبادل الغازي (قد يمتد ذلك لسنوات)، حيث يصبح احتياطي الوظيفة التنفسية لدى المريض منخفضا لدرجة أن أي إصابة تنفسية طفيفة سوف تفاقم حدوث قصور تنفسي حاد على أرضية القصور المزمن لدى المريض.

سوف نأتي في البدء على شرح أسباب القصور التنفسي اعتمادا على مكان الإصابة في الجهاز التنفسي ثم نناقش القصور التنفسي على أساس الآلية الإمراضية لحدوثه.

لكي يتم عمل الجهاز التنفسي بشكل جيد لا بد من تناسق عمل أقسامه المختلفة لتحقيق التبادل الغازي. تشمل هذه الأقسام كلا مما يلي: *الجهاز العصبي، الجهاز العضلي (المضخة)، الطرق الهوائية الناقلة، الوحدات السنخية، السرير الوعائي.*

- **الجهاز العصبي:** يشمل النويات الظهرية والبطنية في البصلة السيسائية مع السبل العصبية التابعة لها. تعمل هذه النويات بالتسيق مع القشر الدماغي لتحديد عدد الحركات التنفسية Respiratory Rate ونمط التنفس. يحدث القصور التنفسي **(خلل مركز التحكم)** لدى إصابة هذه المنطقة ويتظاهر أساسا بشكل انقطاع تنفس مركزي أو نقص في معدل الحركات التنفسية (RR<12). يعتبر خلل مركز التحكم سببا غير شائع للقصور التنفسي ويحدث نتيجة الأدوية أو الإصابات العصبية.

• **الجهاز العضلي(المضخة)**: يتألف من العضلات التنفسية الشهيقية (الحجاب الحاجز بشكل أساسي) مع العضلات المساعدة إضافة للعناصر الداعمة في القفص الصدري. تعمل هذه العناصر مجتمعة على تقليل الضغط السلبي في الحيز الجنبي أثناء الشهيق مما يؤدي إلى خلق مدروج ضغطي ما بين الطرق الهوائية على مستوى الفم والأسناخ، يؤدي ذلك إلى دفع الهواء إلى الدخول إلى الرئة عبر مدروج الضغط حيث يستمر دخول الهواء حتى تعادل الضغط وزوال المدروج، وهنا ينتهي الشهيق الفاعل ويبدأ الزفير المنفعل نتيجة قوى عود الارتداد المرن Elastic recoil للأسناخ (وذلك في الحالات الطبيعية حيث قد نحتاج للعضلات الزفيرية المساعدة في بعض حالات القصور التنفسي).

يعتبر(**فشل المضخة**) سببا شائعا للقصور التنفسي لدى مرضى العناية المشددة وعادة يكون متعدد الأسباب (المرخيات العضلية، فترات التهوية الآلية المطولة، سوء التغذية، اضطرابات الشوارد، إضافة إلى العديد من الحالات المرضية التي تصيب العضلات والقفص الصدري كالحثول العضلية واعتلال الجذور الحركية والوهن العضلي الوخيم ..). يدل وجود حركة عجائبية في الحجاب الحاجز على تعب الحجاب وهي علامة على بدء فشل المضخة. يمكن تقدير كفاية وظيفة العضلات التنفسية بعدة طرق منها: قياس السعة الحيوية Vital Capacity والضغط الشهيقي السلبي الأعظمي Negative InspiratoryPressure. يدل انخفاض قيم (VC < 10ml/kg) و(NIP < -20cmH2O) على ضعف في وظيفة العضلات التنفسية وبدء حدوث قصور تنفسي.

يعتبر مشعر التنفس السريع السطحي RSBI أداة هامة للتنبؤ بنجاح الفطام عن المنفسة إذا كان(RSBI<105) حيث (RSBI=RR/Vt) ويعبر عن تناسب وكفاية عمل مركز التحكم مع المضخة.

- **الطرق الهوائية**: تتألف من الطرق الهوائية العلوية، القصبات الغضروفية، الطرق الهوائية الصغيرة حتى القصيبات الإنتهائية. تشكل هذه الطرق الجزء الذي لا يشارك بالتبادل الغازي في الشجرة القصبية وتدعى بـ الحيز الميت التشريحي **Dead Space**، تبلغ قيمة هذا الحيز في الشخص الطبيعي حوالي 2ml/kg أي حوالي 150ml في الشخص البالغ. مهمة هذه الطرق هي نقل الهواء بشكل سريع داخل وخارج الحيز السنخي (مكان التبادل الغازي).

يحدث القصور التنفسي لدى إصابة هذه الطرق بأمراض تحد من ناقليتها للهواء وتسبب انسدادا هاما للجريان عبرها. يدل وجود الصرير على تضيق في الطرق الهوائية العلوية، كما يمكن تشخيص التشنج القصبي بالإصغاء (وزيز، خراخر)، في حالات التشنج القصبي الشديد يقل الجريان الهوائي بشدة لدرجة يغيب فيها الوزيز، في هذه الحالة فإن الإنسداد يترافق مع انحباس الهواء في الأسناخ في نهاية الزفير (Auto PEEP).

- **الحيز السنخي**: يتألف من القصيبات التنفسية، القنوات السنخية، الأسناخ. تؤمن هذه الوحدات سطحا واسعا يسمح بحدوث التبادل الغازي بشكل سريع. يحدث القصور التنفسي عند حدوث انخماص في هذه الوحدات أو عند امتلائها بمواد غريبة (ماء، دم، قيح، بروتين ...) أو عند تأذي الحاجز السنخي الشعري.

يمكن تقدير إصابات الحيز السنخي بالفحص السريري (تكثف رئوي، إنخماص)، إضافة لمشعرات الأكسجة (انخفاض PaO_2 ومشعرات الأكسجة الأخرى)، ولصورة الصدر.

- **السرير الوعائي**: يتألف من السرير الوعائي الشعري الرئوي والذي يرتبط مع الحاجز السنخي بشكل وثيق ولكنه يختلف من ناحية البنية والإصابات الممكنة التي تغير من وظيفته. لا يمكن تقدير إصابة السرير الوعائي بشكل مباشر

ولكـن قـد نـستدل علـى إصـابته مـن خـلال علامـات إجهـاد الـبطين الأيمـن (ارتفـاع JVP، احتدادS2 ، الرفعة خلف القص، نفخة قصور مثلث الشرف). في حـال غيـاب هذه المظاهـر يمكن توقع إصابة السرير الوعـائي بـالنفي عنـدما يكـون هنـاك خلـل بالتبادل الغازي مع غياب خلل ظاهر في مركز التحكم التنفسي والمضخة والطـرق الهوائية والحيز السنخي.

يلخص الجدول 1 أسـباب القـصور التنفسي بالإعتمـاد علـى مكـان الإصـابة وطـرق مراقبة وظيفة كل جزء .

إن إصـابة أي مـن الأجـزاء الـسابقة يـؤدي إلى خلـل في تكامـل الوظيفـة التنفـسية وحـدوث القـصور التنفـسي. وهنـا تكـون معرفـة الجـزء المـصاب أمـراً أساسـياً في وضـع خطة التدبير والعلاج. مثال: إن كلا من الحالات التالية تتظاهـر بشـكل قصور تنفسي حاد بنقص الأكسجة ولكنها تختلف من حيث الآلية الإمراضية وطريقة التدبير:

- نوبة ربو حاد.
- وذمة رئة حادة.
- صمة رئوية كتلية.

التقييم السريري:

يشمل التقييم الأولـي لمـريض القـصور التنفـسي الحـاد القيـام بتقييم فـوري لـسلامة الطرق الهوائية العلوية والبحث عن وجود زرقة مركزية أو محيطية، ثم مـلاحظة معدل الحركـات التنفـسية RR وعمقهـا ونمـوذج التـنفس. يجـب البحـث عـن علامـات العـسرة التنفسية (رقص خنابتي الأنف، استعمال العضلات المساعدة). بعد ذلك يجب مـلاحظة شكل القفص الصدري وحركتـه خـلال الـدورة التنفسية، يتلـو ذلـك القيـام بـالفحص السريري لكل من نصفي الصدر (القرع والإصغاء) .

الجدول 1: أسباب القصور التنفسي

الجزء	الوظيفة	الإصابات الممكنة	طرق مراقبة الوظيفة
الجهاز العصبي	تحديد معدل الحركات التنفسية ونمط التنفس.	نقص التروية. الإنسمام الدوائي.	**RR**. نمط التنفس.
الجهاز العضلي	خلق ضغط سلبي ضمن الصدر أثناء الشهيق.	إضطرابات الشوارد المرخيات العضلية، سوء التغذية، الحثل العضلي، الوهن العضلي الوخيم، غيلان باريه.	السعة الحيوية **VC** الضغط السلبي الشهيقي الأعظمي **NIP**.
الطرق الهوائية	نقل الهواء من وإلى الحيز السنخي.	الربو، **COPD** التشنج القصبي (لأي سبب).	الإصغاء (وزيز، خراخر)، سماع الصرير.
الحيز السنخي	الجزء الرئوي للتبادل الغازي.	إنخماص الأسناخ (لأي سبب). إمتلاء الأسناخ بمواد غريبة (دم، قيح، ماء).	مشعرات الأكسجة الإصغاء (إنخماص، تكثف) صورة الصدر.
السرير الوعائي	الجزء الوعائي للتبادل الغازي.	صمة رئوية.	لا يمكن معرفة اصابته بشكل مباشر.

يؤدي هذا التقييم السريع إلى إعطاء تقييم بدئي عن: مركز التحكم التنفسي (RR)، وظيفة المضخة العضلية (تنفس سطحي)، وصول الهواء للرئتين. يتلو ذلك التقييم إجراء تحليل لغازات الدم الشرياني لمعرفة قيم (PaO_2,$PaCO_2$,PH).

بخلاف العديد من الحالات السريرية يعتبر القصور التنفسي الحاد حالة إسعافية حرجة يجب البدء بعلاجها قبل تحديد السبب بدقة وتوجيه العلاج نحوه.

الفيزيولوجيا المرضية للقصور التنفسي:

تكمن وظيفة الجهاز التنفسي في التهوية أي تجديد هواء الأسناخ (طرح CO_2 والتزويد بـ O_2) حيث يتم التبادل الغازي عبر الحاجز السنخي الشعري.

يمكن حساب تركيز الأكسجين في الأسناخ من المعادلة :

$$PAO_2 = (Pb - Pb_{H2O}) * FiO_2 - PaCO_2/R$$

حيث R هي مشعر التبادل التنفسي ويعبر عن نسبة طرح CO2 إلى استهلاك O2. تبلغ قيمة R حوالي 0.8.

تصبح المعادلة عند مستوى سطح البحر على الشكل التالي :

$$PAO_2 = 150 - PaCO_2/0.8$$

حيث:

Pb = 760 mmHg

PbH2O=47mmHg

$$FiO_2 = 0.21$$

يحدث التبادل الغازي عبر الحاجز السنخي بالانتشار البسيط حسب المدروج، وحتى يكون هذا التبادل كافيا لا بد من التوازن بين التهوية الرئوية والجريان الدموي الشعري. يعبر عن هذا التوازن بشكل نسبة تدعى **نسبة التهوية/ التروية V/Q ratio**، تبلغ قيمة هذه النسبة في الحالات الطبيعية حوالي 0.8، يمكن تقدير وجود خلل في الانتشار من خلال حساب **المدروج السنخي الشعري P(A-a)O2** ، تبلغ قيمة المدروج الطبيعية حوالي 5-10ml عند التنفس في هواء الغرفة (لكنها تبلغ حوالي 30-60mmHg عند تركيز أكسجين $FiO_2 = 100\%$).

يحدث خلل المبادلات عند اضطراب التناسب بين التهوية والتروية حيث يمكن تمييز حالتين من **خلل التهوية /التروية V/Qmismach** هما *تهوية الحيز الميت* حيث تنعدم التروية V/Q>1(أو تقل بالمقارنة مع التهوية) و*الشنط داخل الرئوي* حيث تنعدم التهوية V/Q<1 (أو تقل بالمقارنة مع التروية).

الحيز الميت Dead Space: هو الجزء الذي لا يشارك بالمبادلات الغازية (تهوية دون تروية). يقسم إلى ثلاثة أقسام:

الحيز الميت التشريحي: هو الحجم الهوائي الموجود في الطرق الهوائية الناقلة بدءا من الفم وحتى القصيبات الإنتهائية .

الحيز الميت السنخي: هو الحجم الهوائي الموجود في الأسناخ التي تكون نسبة التهوية فيها أعلى من التروية، ويزداد هذا الحيز في حالات نقص التروية الرئوية (صمة رئوية، نقص النتاج القلبي) أو تخرب الحاجز السنخي الشعري (نفاخ) أو فرط تمدد الأسناخ الرئوية حيث تنضغط الشعريات الرئوية في جدر الأسناخ (التهوية الآلية بضغط إيجابي).

الحيز الميت الميكانيكي: هو الحجم الهوائي الموجود في دارة المنفسة، ويضاف للحيز الميت التشريحي.

يبلغ حجم الحيز الميت حوالي 2ml/kg أي 150ml في الشخص البالغ وتبلغ نسبة الحيز الميت Vd نسبة إلى التهوية الكلية Vt حوالي Vd/Vt = 0.2-0.4 تؤدي زيادة نسبة الحيز الميت عن 30% من التهوية الكلية إلى نقص أكسجة وعادة يحدث فرط الكاربامية عند زيادة النسبة عن 50%.

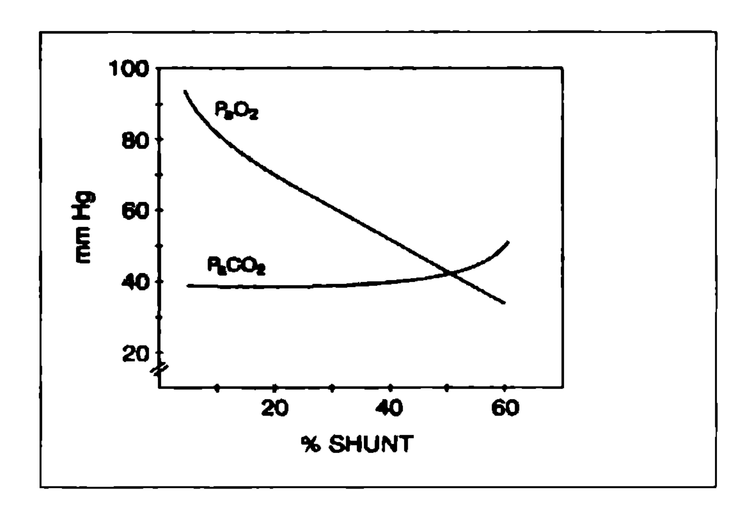
الشنط داخل الرئوي Intrapulmonary Shunt : يعبر الشنط عن ذلك الجزء من الدم الوريدي المختلط الذي يعبر القلب الأيمن إلى القلب الأيسر دون تهوية. كما يحدث الشنط في حال فرط تروية الأسناخ التي تكون تهويتها طبيعية مثال: الصمة الرئوية حيث يتحول الدم إلى المناطق التي تكون تهويتها طبيعية. يؤدي ذلك إلى حدوث نقص أكسجة وعادة يحدث فرط الكاربامية إذا تجاوزت نسبة الشنط 60%.

يمكن للشنط أن يكون تشريحياً أو وعائياً شعرياً capillary، يحدث الشنط الوعائي الشعري عندما يعبر الدم الأسناخ دون تهوية (بسبب انخماص الأسناخ او امتلائها بمواد غريبة كالسوائل أو الدم أو الإقياء ..). ويحدث الشنط التشريحي عند

عبور الدم القلب الأيمن إلى القلب الأيسر مباشرة وتجاوز الرئة تماما (التشوهات القلبية الولادية). تؤدي زيادة FiO2 إلى تحسن الشنط فقط في حال كونه صغيرا ، أما في حالات الشنط الكبير (<30%) فلا بد من معاكسة السبب (انغلاق الأسناخ) وذلك بتطبيق التهوية الآلية الإيجابية (PEEP).

على الرغم من أن التهوية الإيجابية تحسن الشنط الوعائي الشعري إلا أنها تسيء إلى الشنط التشريحي حيث أن زيادة الضغط ضمن الصدر ستؤدي إلى زيادة المقاومة الوعائية الرئوية مما يزيد الجريان عبر الشنط التشريحي ويزيد نقص الأكسجة سوءا. يؤدي الشنط في البدء إلى فرط تهوية (بسبب نقص الأكسجة) مما يسبب انخفاض PaCO2 في البدء لكن في حالات الشنط الكبير سيحدث فرط كاربامية وسيرتفع PaCO2.

يبين (الشكل 1) تبدلات تركيز كل من PaCO2 وPaO2 حسب حجم الشنط.



الشكل (1): تأثير نسبة الشنط على تركيز PaCO2 و PaO2.

القصور التنفسي بنقص الأكسجة:

تبلغ قيمة PaO2 الطبيعية حوالي 80-100mm Hg وذلك عند مستوى سطح البحر. يعرف نقص الأكسجة بأنه انخفاض قيمة PaO_2 ما دون (80mm Hg). للحفاظ على أكسجة جيدة للنسج لا بد مما يلي: تركيز أكسجين مستنشق يصل بشكل كاف للأسناخ FiO2، تناسب جيد بين التهوية والتروية، أرقام خضاب جيدة، نتاج قلبي كاف، تحرر الأكسجين بشكل جيد في الأنسجة.

هناك خمس آليات أساسية لنقص الأكسجة يمكن تقسيمها كالآتي:

- **نقص نسبة الأكسجين المستنشقFiO_2** : يحدث في حال استنشاق الدخان السام أو في الحرائق كما يحدث أيضا في المرتفعات حيث ينخفض الضغط الجزئي للأكسجين (انخفاض الضغط الجوي)، يكون المدروج $P(A-a)O_2$ طبيعيا. تتحسن الحالة بشكل جيد لدى إعطاء الأكسجين.
- **نقص التهوية السنخية**: يؤدي نقص التهوية إلى انخفاض الضغط الجزئي للأكسجين في الأسناخ بسبب عدم تجديد الهواء بشكل كاف، وبالتالي يتراكم غاز CO2 (بسبب عدم التوازن بين اطراحه وانتشاره عبر الحاجز السنخي)، كما ينخفض PaO2.

نتذكر معادلة الضغط الجزئي للأكسجين في الأسناخ

$$PAO2 = 150 - PaCO2/0.8$$

نلاحظ من المعادلة أن ارتفاع قيمPaCO2 (يعادل PACO2) يؤدي إلى انخفاض موافق في قيمة PAO_2 وبالتالي PaO2. يكون المدروج $P(A-a)O2$ طبيعيا. تتحسن الحالة بشكل جيد لدى إعطاء الأكسجين.

- **نقص الإنتشار**: يحدث لدى وجود تسمك في الحاجز السنخي الشعري يؤدي إلى ضعف انتشار الأكسجين عبره (وذمة رئة، تليفات الرئة) كما يحدث أيضا عند نقص الزمن الكافي لعبور الأكسجين عبرالحاجز السنخي الشعري (قصورالقلب عالي النتاج). يعتبر نقص الإنتشار سببا غير شائع للقصور التنفسي. يكون المدروج $P(A-a)O2$ مرتفعا، تتحسن الحالة عادة لدى إعطاء الأكسجين.

• عدم التناسب بين التهوية / التروية V/Q mismatch: وهو السبب الأكثر شيوعا للقصور التنفسي خاصة في الإصابات الرئوية المزمنة (ربو، COPD ، ..). تترافق الحالة مع مدروج P(A-a)O2 عالي وتتحسن عادة لدى اعطاء الأكسجين .

• الشنط داخل الرئوي Intrapulmonary Shunt : وهو الحالة الأشد من خلل التهوية – التروية حيث تنعدم التهوية. وهو السبب الرئيسي لنقص الأكسجة لدى مرضى الإصابات الرئوية البرانشيمية (ARDS) بسبب الإنخماصات السنخية. يكون المدروج P(A-a)O2 مرتفعا بشدة. لا تتحسن الحالة بإعطاء الأكسجين (خاصة إذا كان حجم الشنط > 30%). يمكن علاج الحالة بمعاكسة السبب (فتح الأسناخ المنخمصة بتطبيق التهوية الآلية وCPAP). يلخص (الجدول 2) الأسباب السابقة والتبدلات المرافقة.

الجدول 2: آليات نقص الأكسجة

Cause	PaO2	Pco2	A-a Grad.	Response to O2
Low Fio2	↓↓	NL	NL	Very good
Hypoventilation	↓↓	↑↑↑	NL	Very good
V/Q mismatch	↓↓	↑,N, ↓	↑↑	Good
Shunting process	↓↓↓	↓	↑↑↑	Poor
Diffusion defect	↓↓	NL	↑↑	Good

القصور التنفسي بنقص التهوية:

يحدث فرط الكاربامية المتعلق بنقص التهوية($PaCO_2$ > 50mm Hg) عندما يكون هناك عدم تناسب بين معدل التهوية السنخية ومعدل إنتاجCO_2 في الجسم (إما نقص في التهوية السنخية أو زيادة في إنتاج CO_2). نعرف حجم التهوية بالدقيقة Minute Ventilation بأنه حجم التهوية الرئوية الكلي، ويساوي ناتج ضرب حجم الحركة التنفسية الواحدة (الحجم الجاري Vt) بعدد مرات التنفس بالدقيقة.

$$MV = Vt * RR$$

تعادل قيمة MV في الأحوال الطبيعية 100ml/kg ، تترافق هذه الحالة عادة مع نقص أكسجة لكن مع بقاء المدروج طبيعيا. تعبر التهوية السنخية عن الجزء الفعال من التهوية الكلية وتساوي التهوية الكلية مطروحا منها تهوية الحيز الميت، لذا فإن ازدياد تهوية الحيز الميت دون زيادة مرافقة في التهوية الكلية سيكون على حساب نقص التهوية السنخية وبالتالي ارتفاع $PaCO_2$.

تؤدي زيادة إنتاج CO_2 في المرضى غير القادرين على زيادة التهوية الكلية لديهم إلى ارتفاع $PaCO_2$. مثال: عند مرضى COPD قد تؤدي الحمى إلى إحداث فرط كاربامية لديهم (كل ارتفاع في درجة الحرارة قدره 1C° يرافقه زيادة قدرها % 13 في إنتاج CO_2). كما أن التغذية المفرطة عالية المحتوى من الكربوهيدرات (مقارنة بالدسم) تترافق بزيادة إنتاج CO_2 أيضا حيث يغدو ذلك الأمر هاما عند المرضى الحديين (COPD).

يمكن تقسيم آليات القصور التنفسي مفرط الكاربامية إلى ما يلي:

- **زيادة إنتاج CO_2**: الحمى، الإنتان، الإختلاجات، فرط الإستقلاب (انسمام درقي)، التغذية مفرطة الكربوهيدرات.
- **زيادة الحيز الميت**: أمراض الرئة المزمنة (COPD، الربو، التليف الكيسي، ..) أمراض جدار الصدر المترافقة مع إصابة برانشيمية (الجنف).
- **نقص معدل التهوية الكلي**: يحدث فرط الكاربامية عند انخفاض معدل التهوية الكلي بالدقيقة عن litre/min 4-6. أمثلة: إصابات الجهاز العصبي المركزي، إصابات الأعصاب المحيطية (غيلان باريه، الوهن العضلي الوخيم ..)، أمراض العضلات (إلتهاب العضلات العديد، الحثول العضلية)، تشوهات جدار الصدر، الأدوية، الإضطرابات الإستقلابية (قصور الدرق، نقص K).

حالة سريرية: لنفترض أن لدينا مريضين على جهاز التهوية الآلية، إعدادات المريض الأول تشمل: Vt =500 ml ,Rate = 20/min أما المريض الثاني فإعداداته: Vt =200ml ,Rate= 50/min، فإذا كانت الحالة المرضية لكلا المريضين متماثلة (نفس معدل إنتاج CO_2) فهل يتوقع أن يكون مستوى $PaCO_2$ لديهما متماثلا؟

المناقشة: إن معدل التهوية الكلي بالدقيقة لكلا المريضين متماثل ويعادل Mv =Vt * R= 500*20 = 200*50=10000 ml/min ولكن هل مقدار **التهوية السنخية** لكلا المريضين متماثل ؟.

فلنتذكر أن $PaCO_2$ يتعلق بكل من معدل إنتاج CO_2 ومعدل التهوية السنخية. كما أن التهوية الكلية تعادل التهوية السنخية (الفعالة) مضافا إليها تهوية الحيز الميت Dead space (التهوية الضائعة). يبلغ حجم الحيز الميت عند الشخص البالغ حوالي 150ml، عند المريض الأول تبلغ نسبة الحيز الميت Vd/Vt = 150/500 = 0.3 أي أن هناك ضياع قدره30% من التهوية الكلية ويكون مقدار التهوية السنخية بالدقيقة حوالي 7 ليتر. بينما تبلغ نسبة الحيز الميت عند المريض الثاني Vd/Vt 150/200 = 0.75 = أي أن هناك ضياعا قدره 75% من التهوية الكلية ويكون مقدار التهوية السنخية بالدقيقة 2.5 ليتر.

وبالتالي فمن الواضح أنه إذا كان $PaCO_2$ لدى المريض الأول طبيعيا فمن المتوقع أن يكون مقداره لدى المريض الثاني (Dead space Ventilation) مرتفعا بشدة.

ملاحظة: قد نضطر في حالات مرضية عديدة إلى تهوية الرئة بحجوم منخفضة قدر الإمكان لتقليل الأذية الرئوية المحدثة بالشد، قد يؤدي ذلك إلى ارتفاع قيم PaCO2 وهنا قد نلجأ لما يدعى فرط الكاربامية المتعمد Permissive Hypercapnia بشكل مؤقت ريثما تتحسن مشكلة الأكسجة لدى المريض.

مشعرات الأكسجة:

هناك العديد من المشعرات التي تستخدم لتقدير كفاية الأكسجة نأتي على ذكرها بشكل مختصر:

- **PaO_2**: تركيز الأكسجين في الدم الشرياني، تبلغ القيمة الطبيعية 80-100mm Hg،
- **المدروج السنخي الشعري $P(A-a)O_2$**: يحسب بطرح PaO_2 من PAO_2. المشكلة في استخدامه كمشعر للأكسجة أنه يتأثر بتغيرات FiO_2، كما أنه يتأثر بمقدار الشنط داخل الرئوي ودرجة خلل التهوية/ التروية، كما أنه لا يعبر عن شدة الشنط داخل الرئوي. كل ما سبق يحد من استخدامه كمشعر للوظيفة التنفسية. تبلغ قيمته في الحالات الطبيعية 10-15mmHg وتتصل إلى60mm Hg عندما تكون $FiO_2=100\%$،
- **PaO_2/PAO_2**: يحسب بقسمة PaO_2 على PAO_2، يبقى هذا المشعر ثابتا لدى تبدل قيم FiO_2. تبلغ قيمته الطبيعية 0.8، تشير القيم الأقل من0.75 إلى خلل في التبادل الغازي (شنط ، خلل تهوية / تروية، نقص انتشار).
- **PaO_2/FiO_2** : يتميز هذا المشعر بسهولة حسابه ، وهو المشعر الأشيع استخداما. إن قيمة $PaO_2/FiO_2 < 200$ تشير إلى شنط هام عند مرضى القصور التنفسي الحاد. يتأثر هذا المشعر بقيمة $PaCO_2$ ولكنه يرتبط بشكل جيد بمقدار الشنط داخل الرئوي. يستخدم هذا المشعر لتصنيف الأذيات الرئوية حيث أن قيمة $PaO_2/FiO2<200$ تشير إلى حالة ARDS ، بينما قيمة $PaO_2/FiO_2=200-300$ تشير إلى أذية رئة حادة.

التهوية الآلية

الإستطبابات - الأهداف -التأثيرات الفيزيولوجية

هناك العديد من الأمور التي يجب اخذها بعين الإعتبار في قرار بدء التهوية الآية لدى مريض ما ، وحيث أنه لا يوجد نظام في التهوية الآلية قادر على شفاء الحالة المرضية المسببة للقصور التنفسي ، يجب أن يكون لدى المريض مرض قابل للشفاء والذي يمكن أن يشفى أثناء وجود المريض على المنفسة.

تستطب التهوية الآلية عندما لا يعود التنفس العفوي لدى المريض قادرا على حفظ الحياة لديه. كما تستطب أيضا لدى المرضى شديدي المراضة (sepsis ,shock) وذلك للسيطرة على التهوية لدى المريض وكوقاية من حدوث فشل في بعض الوظائف الحيوية للمريض.

يجب مناقشة الحالة السريرية لحالة كل مريض ومقارنتها بالمعطيات الرقمية لديه عند وضع قرار بدء التهوية الآلية لديه.

إستطبابات التهوية الآلية:

- **إنقطاع التنفس.**
- **قصور التهوية الحاد:** PaCO2>50mmHg مع PH<7.30 ، يجب النظر إلى PH الدم الشرياني وليس $PaCO_2$ لتقدير شدة الحالة السريرية حيث أن مرضى القصور التنفسي المزمن(COPD) يكونون عادة بحالة مستقرة معاوضة (رغم ارتفاع PaCO2) ولا يحتاجون إلى التهوية الآلية. إن الوضع السريري للمريض يجب أن يوضع في الحسبان عند البدء بالتهوية حيث قد نبدأ بالتهوية عند أرقام PH أعلى أو اقل من 7.30.

• **قصور التهوية الحاد الوشيك (Impending)**: عندما تشير معطيات التبادل الغازي إلى تدهور تدريجي في الوظيفة التنفسية (ارتفاع PaCO2 مع انخفاض PH) على الرغم من العلاج. مثال: مرضى الإصابات العصبية العضلية أو الربو، حيث قد نبدأ بالتهوية قبل حدوث قصور تهوية فعلي. يجب الانتباه لعلامات زيادة المجهود والتعب التنفسي (زلة تنفسية، تسرع تنفس، تنفس سطحي، استعمال العضلات المساعدة، رقص خنابتي الأنف، تسرع القلب).

• **قصور الأكسجة الشديد المعند**: $PaO_2<60$ (SatO2<90) مع استخدام $FiO_2>60\%$. يعتبر فشل الأكسجة الإستطباب الأقل شيوعا للتهوية الآلية ولكن نقص الأكسجة الشديد (ARDS، ذات الرئة) قد يؤدي إلى فشل في المضخة (التهوية) إذا لم يصحح (الزلة الناتجة عن نقص الأكسجة). عادة يؤدي حذف العبء التنفسي عن المريض بالتهوية الآلية إلى تحسن حالة الأكسجة لديه بسبب تخفيف متطلبات الجهد التنفسي (work of breathing) لديه (تذكر أنه في حالة القصور التنفسي يزيد استهلاك الجهاز التنفسي من الأكسجين ليصل إلى 30% من النتاج القلبي).

• **حماية الطرق الهوائية**: قد يكون البدء بالتهوية الآلية ضروريا لدى المرضى المحتاجين للتنبيب الرغامي وذلك لحماية الطرق الهوائية لديهم، وذلك بغياب شذوذ بالوظيفة التنفسية لديهم. مثال مرضى تغيم الوعي، خطورة الإستنشاق. قد لا يكون ذلك ضروريا في حالات الخزع الرغامي.

معايير البدء بالتهوية الآلية:

• **توقف التنفس.**

• **أذية الرئة الحادة:**

- RR>30/min (35 في بعض المراجع).
- Vital Capacity(VC) <15ml/kg.
- MinuteVentilation (MV)>10 l/min.
- PaO2<55 مع $FiO_2>60\%$.

•مرضى COPD:

- تدهور سريري: تعب العضلات التنفسية، وسن، هبوط الضغط، تسرع التنفس.
- غازات الدم الشرياني: نقص أكسجة شديد مستمر، ارتفاع حاد $PaCO2 > 50mm\ Hg$ مع $PH<7.25$.

•الإصابات العصبية العضلية:

- $NIP<20\ cm\ H2O$.
- $VC<1L\ (15\ ml/kg)$.

•الإصابات الجهازية (sepsis,shock): إذا كان $PaCO_2$ أعلى من المعاوضة المتوقعة للحماض الإستقلابي (يحسب من المعادلة):

$$PaCO_2 = 1.5 \times [HCO3^-] + 8 \pm 2$$

الإستطبابات الأشيع للتهوية الآلية:

•الإصابات البارانشيمية الرئوية:

- ذات الرئة (الإنتانية، الإستنشاقية).
- متلازمة العسرة التنفسية ARDS .

•الوذمة الرئوية القلبية:

- احتشاء العضلة القلبية الحاد.
- اعتلالات العضلة القلبية .
- فرط الحمل الدوراني (لأي سبب).

•أمراض الطرق الهوائية:

- التفاقمات الحادة لـ COPD.

نوبة الربو الحاد الشديدة.

• **فشل التهوية البدئي:**

- متلازمة غيلان باريه.
- الوهن العضلي الوخيم.
- الإنسمام الدوائي.
- أمراض جدار الصدر.

• **الإصابات الجهازية:**

- الصدمة Shock.
- الإنتان Sepsis.

• **حالات أخرى:**

- أثناء العمل الجراحي (تخدير عام).
- رضوض جدار الصدر.

أهداف التهوية الآلية:

ذكرنا سابقا أن الهدف الأساسي للتهوية الآلية هو جعل التبادل الغازي على الشكل الأمثل وتقليل المجهود التنفسي مع التقليل من الأذية الرئوية المحدثة بالمنفسة.

• **الأهداف الفيزيولوجية:**

- دعم التبادل الغازي الرئوي .
- تقليل المتطلبات الإستقلابية للتنفس.
- تقليل أذية الرئة المحدثة بالمنفسة.

• **الأهداف السريرية:**

- معاكسة نقص الأكسجة.
- معاكسة الحماض التنفسي.
- تخفيف العسرة التنفسية.
- منع او معاكسة انخماص الأسناخ الرئوية (PEEP).

- معاكسة تعب العضلات التنفسية.
- السماح بالتركين والإرخاء.
- تقليل استهلاك الأكسجين .
- تجنب فرط تمدد الأسناخ

التأثيرات الفيزيولوجية للتهوية الآلية:

- **التأثيرات القلبية:** من المعروف أن التهوية الآلية بالضغط الإيجابي قد تقلل من النتاج القلبي مما قد يؤدي لهبوط الضغط ونقص الأكسجة النسيجي، يزداد هذا التأثير لدى زيادة ضغط الطرق الهوائية الوسطي MAP، زيادة المطاوعة الرئوية ، نقص الحجم الدوراني.

إن زيادة الضغط الإيجابي ضمن الصدر تقلل العود الوريدي وامتلاء القلب الأيمن الذي قد يقلل من النتاج القلبي. تزداد التأثيرات السلبية للتهوية الآلية سوءا عند زيادة الضغط الشهيقي IP وزمن الشهيق Ti والضغط الإيجابي في نهاية الزفير PEEP.

إن التهوية الآلية بضغط إيجابي تسبب زيادة المقاومة الوعائية الرئوية. يؤدي ذلك إلى تقليل امتلاء البطين الأيسر وانخفاض النتاج القلبي.

قد تؤدي التهوية الآلية بضغط إيجابي إلى تقليل الحمل البعدي للبطين الأيسر، مما قد يؤدي إلى زيادة النتاج القلبي في المرضى المصابين بسوء وظيفة البطين الأيسر، بينما ينخفض النتاج القلبي إذا كانت وظيفة البطين الأيسر جيدة.

يمكن التقليل من التأثيرات السلبية للتهوية الآلية بتقليل MAP، وفي حال الضرورة لاستعمال مقادير مرتفعة من MAP يمكن زيادة الحجم الوعائي واستعمال الدواعم القلبية عند الضرورة .

- **التأثيرات الكلوية**: قد ينخفض الصادر البولي بشكل ثانوي للتهوية الآلية. ينتج ذلك أساسا عن انخفاض النتاج القلبي، كما قد ينتج عن زيادة إفراز الهرمون المضاد للإدرار ADH ونقص إنتاج العامل الطارح للصوديوم ANPالذي يحدث لدى مرضى التهوية الآلية.
- **التأثيرات المعدية**: يقع مرضى التهوية الآلية تحت خطر قرحات الشدة والنزف الهضمي العلوي، لذا يجب تطبيق الوقاية المناسبة لدى هؤلاء المرضى.
- **التأثيرات التغذوية**: قد يؤدي نقص التغذية لدى مرضى التهوية الآلية إلى استقلاب هدام للبنية العضلية (ضمور العضلات التنفسية) مع زيادة خطر ذات الرئة ووذمة الرئة. كما يؤدي فرط التغذية (خاصة الكربوهيدرات) إلى زيادة معدل الإستقلاب وانتاج غاز CO2 مما قد يزيد متطلبات التهوية.
- **التأثيرات العصبية**: في مرضى رضوض الرأس قد تؤدي التهوية الآلية بضغط إيجابي إلى زيادة الضغط داخل القحف ICP. ينتج ذلك أساسا عن نقص العود الوريدي. عند استعمال مقادير مرتفعة لـ MAP قد تنخفض التروية الدماغية بشدة بسبب الإنخفاض المرافق في الضغط الشرياني.
- **التأثيرات على النوم**: يبدي مرضى التهوية الآلية نماذج طبيعية للنوم. إن شدة الحرمان من النوم لدى هؤلاء المرضى تعادل في الأهمية تلك التي تحدث عند المرضى الواعيين وتؤدي إلى نعاس نهاري مع ضعف في القدرات المعرفية. قد يسبب الحرمان من النوم إلى هذيان وعدم تزامن مع المنفسة والإعتماد على المركنات.

ميكانيكيات الرئة

يعتبر فهم ميكانيك الحركات التنفسية أساسا للولوج إلى عالم التهوية الآلية. يقدم هذا البحث فكرة مبسطة عن الموضوع دون الخوض في التفاصيل الحسابية والهندسية المعقدة.

معادلة الحركة:

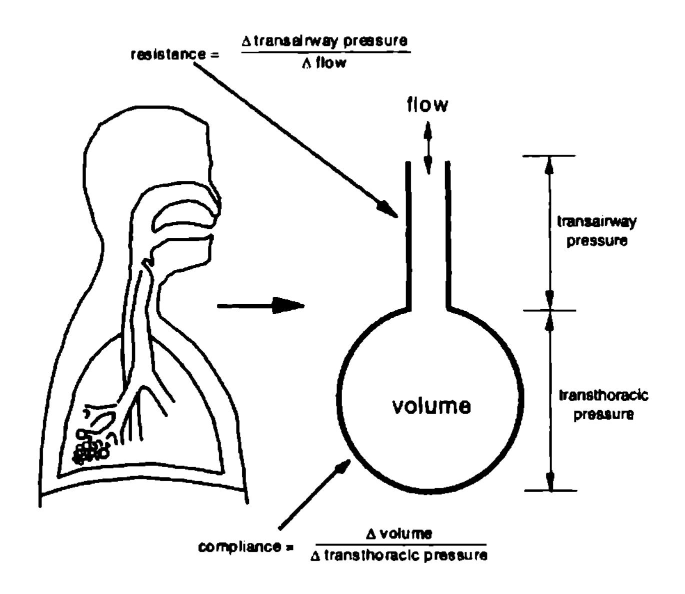
أثناء التنفس الطبيعي للإنسان يتولد مدروج ضغطي بين مستوى الفم والأسناخ الرئوية (نتيجة انخفاض الضغط في جوف الجنب)، يؤدي ذلك إلى دخول الهواء إلى الرئة بسرعة جريان معينة وحجم ما حسب قيمة الضغط المتولد. تتعلق تلك المتغيرات بالحالة الميكانيكية للرئة والطرق الهوائية.

نلاحظ أنه من أجل كل حركة تنفسية هناك ثابتين يتعلقان بالطرق الهوائية والرئة (المقاومة Resistance والمطاوعة Compliance) يحددان المتغيرات الأربع للحركة التنفسية: الحجم Volume، الضغط Pressure، سرعة الجريان Flow rate، الزمن Time.

يمكننا تشبيه الرئة والطرق الهوائية ببالون يتم نفخه عبر أنبوب، حيث يعبر الأنبوب عن الطرق الهوائية الناقلة (الحيز الميت) والتي مهمتها إيصال الهواء إلى الرئة (البالون). كما يعبر البالون عن الرئة التي تتمدد نتيجة دخول الهواء بداخلها. تتعلق سرعة جريان الهواء عبر الأنبوب (الطرق الهوائية) وحجم الهواء الذي سيدخل البالون (الأسناخ الرئوية) بالضغط المطبق.

تعبر المقاومة على مستوى الطرق الهوائية عن علاقة الضغط بسرعة الجريان، بينما تعبر المطاوعة على مستوى النسيج الرئوي عن علاقة الحجم الناتج بالضغط المطبق. وبالتالي يمكن استنتاج معادلة الحركة مما سبق:

الضغط = الحجم / المطاوعة + سرعة الجريان ❖ المقاومة



الشكل(2): معادلة الحركة.

المقاومة Resistance:

تعبر عن إعاقة الجريان الذي يحدث في الطرق الهوائية. يمكن تقدير المقاومة بحساب نسبة مدروج الضغط اللازم للتغلب على مقاومة الطرق الهوائية إل سرعة الجريان.

$$R = PIP - Pplat / Flow$$

حيث: R مقاومة الطرق الهوائية، PIP الضغط القمي الشهيقي، Pplat ضغط الصفحة، Flow سرعة الجريان.

تتعلق المقاومة أساسا بالطرق الهوائية الكبيرة (80%). تبلغ قيمة مقاومة الطرق الهوائية لدى مريض المنفسة بدون أذية في الطرق الهوائية حوالي 10cm H2O/L/sec ، تزداد لتصل إلى 20cm H2O/L/sec عند مرضى التشنج القصبي. تزداد مقاومة الطرق الهوائية لدى تغير أمرين: زيادة طول الطرق الهوائية (مثال التنبيب الرغامي، دارة المنفسة)، ونقص قطر الطرق الهوائية (مثال تشنج قصبي، مفرزات قصبية غزيرة، عض الأنيوب الرغامي).

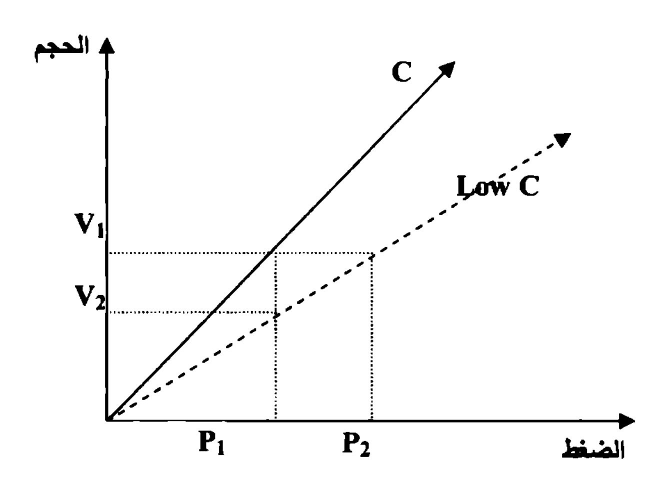
المطاوعة Compliance:

تعبر عن قابلية النسيج الرئوي وجدار الصدر للتمدد. وهي تعاكس المرونة Elastance ، يمكن تقديرها من خلال حساب نسبة الحجم الناتج عن الضغط المطبق.

$$C = Vt / (Pplat - EEP)$$

حيث: C المطاوعة الصدرية الكلية، Vt الحجم الجاري، Pplat ضغط الصفحة، EEP الضغط بنهاية الزفير.

تتألف الرئة من نسيج مرن يحتوي ألياف الكولاجين والألياف المرنة التي تقاوم التمدد. ولكي يدخل الهواء للرئة لا بد أن تتمدد إما بضغط خارجي إيجابي عبر الطرق الهوائية أو بضغط خارجي سلبي يطبق حول الرئة. يمكن تمثيل العلاقة بين الضغط المطبق والحجم الناتج بما يدعى **بمخطط المطاوعة (حجم – ضغط)**. إن جدار الصدر هو تركيب مرن أيضا مع خواص مشابهة للرئة من حيث قابلية التمدد والانضغاط مع تمتعه بقوة عود الارتداد المرن التي تدفعه إلى العودة إلى حجمه الأصلي في حالة الراحة.



الشكل(3): مخطط المطاوعة.

نلاحظ من مخطط المطاوعة أن هناك علاقة طردية بين الضغط والحجم، كما نلاحظ أنه عند انخفاض المطاوعة الرئوية لسبب ما ينخفض مقدار الحجم الناتج عن تطبيق ضغط ما (إذا كنا نعطي تهوية بضغط ثابت) أو يزداد مقدار الضغط الناتج عن إعطاء حجم ما (إذا كنا نعطي تهوية بحجم ثابت).

بما أن المطاوعة عادة ما تحسب عند نهاية الشهيق (عند توقف الجريان في الطرق الهوائية) وتدعى **بالمطاوعة السكونية** فهي تتعلق بالنسيج الرئوي وجدار الصدر فقط دون تدخل الطرق الهوائية. تبلغ قيمة المطاوعة الرئوية عند المريض الموضوع على منفسة دون وجود إصابة رئوية معروفة لديه حوالي 50-80 ml/cm H_2O، بينما تنخفض في مرضى الإصابات البرانشيمية الرئوية إلى حوالي 10-20ml/cm H_2O. وهكذا تعطينا المطاوعة مشعرا عن شدة الإصابة الرئوية المترافقة بتبدلات بالمطاوعة (ARDS، وذمة رئة حادة). تنخفض المطاوعة الكلية عند وجود إصابة برانشيمية رئوية (امتلاء الأسناخ بمواد غريبة كذات الرئة والنزف الرئوي وARDS) أو بجدار الصدر (ريح صدرية، انصباب جنب) أو الحجاب الحاجز (حبن بطني شديد) .

خلال التنفس المنفعل (على المنفسة) يكون جدار الصدر مسؤولا عن 35% من المطاوعة الصدرية الكلية (البرانشيم الرئوي وجدار الصدر).

ثابت الزمن **Time Constant**:

يعبر ثابت الزمن عن معدل تغير حجم الوحدات الرئوية التي يتم نفخها وافراغها بشكل منفعل. يمكن حسابه من المعادلة:

ثابت الزمن = المطاوعة * المقاومة T = C * R

تحتاج الوحدة السنخية إلى حوالي خمس أمثال ثابت الزمن كي تتفرغ تماما من الهواء ، تبلغ قيمة ثابت الزمن حوالي 0.5 sec .

إن الوحدات السنخية التي تملك ثابت زمن منخفض (نقص بالمطاوعة، نقص بالمقاومة) تحتاج إلى زمن أقل للإنفراغ، بينما تحتاج الوحدات السنخية التي تملك ثابت زمن عالي (زيادة بالمطاوعة، زيادة بالمقاومة) إلى زمن أطول للإنفراغ.

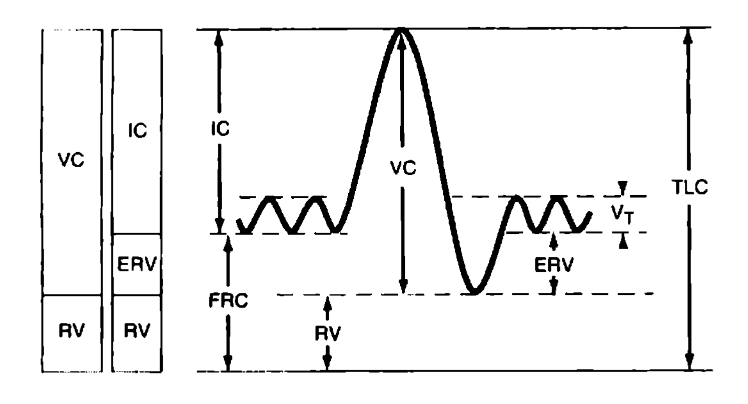
الحجوم الرئوية:

يدعى الحجم الأقصى من الهواء الذي تحتويه الرئة من الهواء بعد شهيق قسري بالحجم الرئوي الكلي TLC، يقسم هذا الحجم إلى أربع حجوم هي كالتالي:

1. **الحجم الباقي Residual Volume**: الحجم الذي يبقى في الرئة بعد زفير قسري، حيث لا يمكن اخراجه .
2. **الحجم الإحتياطي الزفيري Expiratory Reserve Volume**: يعبر عن الحجم الأقصى من الهواء الذي يمكن زفره بعد زفير طبيعي .
3. **الحجم الجاري Tidal Volume**: يعبر عن الحجم الذي يتم تنفسه أثناء التنفس الطبيعي الهادئ. تبلغ قيمته في الحالات الطبيعية 5-8ml/kg.
4. **الحجم الإحتياطي الشهيقي Inpiratory Reserve Volume**: يعبر عن الحجم الأقصى الذي يمكن أخذه بعد شهيق طبيعي.

تتألف السعات التنفسية من مجموع اثنين أو أكثر من الحجوم السابقة:

- **السعة الحيوية Vital Capacity**: الحجم الأقصى الذي يمكن أخذه بعد زفير قسري. VC = IRV+Vt+ERV.
- **السعة الوظيفية الباقية Functional Residual Capacity**: الحجم الذي يبقى في الرئة بعد زفير عفوي FRC = RV + ERV.
- **السعة الشهيقية Inspiratory Capacity**: الحجم الأقصى الذي يمكن أخذه بعد زفير عفوي IC = Vt + IRV.



الشكل (4):الحجوم الرئوية.

السعة الوظيفية الباقية FRC:

عند نهاية الزفير العفوي تكون الرئة ممتلئة جزئيا بالهواء (FRC)، حيث تعمل قوى عود الارتداد المرن على افراغ الرئة تماما. في نفس الوقت تعمل قوى عود الارتداد المرن للقفص الصدري على إعادته لحجمه الأصلي وبالتالي تدفعه إلى التوسع للخارج (بسبب الحجم المنخفض في الرئة). يشار إلى الحجم الذي تتوازن فيه قوى عود الارتداد المرن الرئوية مع قوى عود الارتداد المرن للجدار الصدري بأنه الحجم الوظيفي الباقي FRC. يشكل الحجم الوظيفي الباقي احتياطي الجسم التنفسي ويبلغ حوالي 2.5 litre. إن نقص المطاوعة الرئوية ومطاوعة جدار الصدر تؤدي إلى انخفاض FRC.

يحدث الزفير عادة بشكل منفعل (تحت تأثير قوى عود الارتداد المرن للنسيج الرئوي) ويعيد الرئة إلى الحجم الوظيفي الباقي. تحت مستوى FRC يتوجب على جدار الصدر والحجاب الحاجز ضغط النسيج الرئوي لدفع الهواء للخروج من الرئة (يغدو الزفير فاعلا)، بعد ذلك نصل إلى مرحلة لا يمكن بعدها إخراج المزيد من الهواء، يدعى الحجم الهوائي الذي تبقى في الأسناخ بالحجم الباقي **RV** ويعادل حوالي 1 litre.

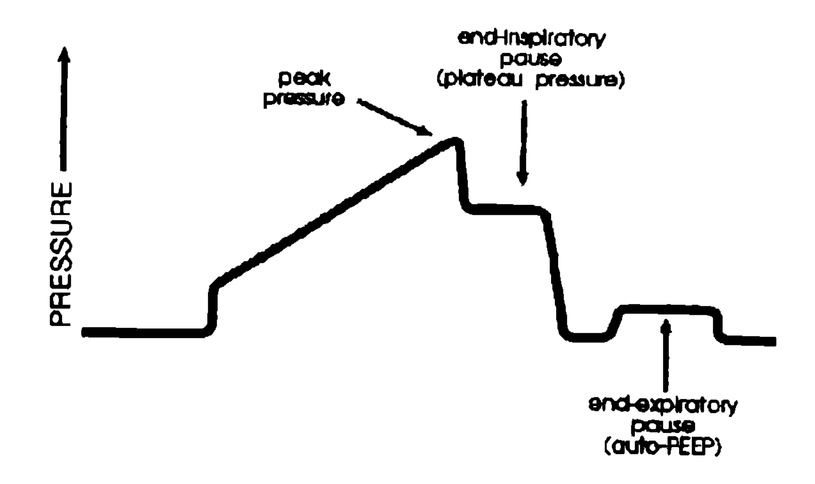
لماذا يحدث هذا؟ يؤدي الزفير القسري إلى تطبيق ضغط إيجابي على الأسناخ والطرق الهوائية الصغيرة أعلى من الضغط الجوي وذلك لدفع الهواء للخروج من الرئة، لكن هذا الضغط الإيجابي سيسبب عند مرحلة معينة انضغاط الطرق الهوائية الصغيرة بينما لا يحدث ذلك للأسناخ بسبب وجود مادة السورفاكتنت الذي يمنع انخماصها وبالتالي يحتجز الهواء في الأسناخ ويشكل الحجم الباقي. تدعى تلك العملية : **انخماص الطرق الهوائية الديناميكي Dynamic Airway Colapse**.

حجم الإغلاق Closing Volume: هو الحجم الذي يبدأ عنده انضغاط الطرق الهوائية الديناميكي. يعادل هذا الحجم عادة الحجم الباقي لكنه يزداد مع تقدم العمر وفي بعض الحالات المرضية. سنعود بشيء من التفصيل للسعة الوظيفية الباقية وحجم الإغلاق عند مناقشة تطبيق الضغط الإيجابي بنهاية الزفير PEEP.

الضغوط ضمن الطرق الهوائية:

خلال التنفس العفوي لدى الشخص الطبيعي يمكن تقدير الخواص الميكانيكية للرئة والطرق الهوائية من خلال اختبارات وظائف الرئة، لكن من الصعب إجراء مثل هذه الإختبارات لدى مريض التهوية الآلية. في هذه الحالة يمكن قياس الضغوط في الطرق الهوائية لتقدير حالة الرئة والطرق الهوائية.

عند بدء الحركة التنفسية يحدث ازدياد تدريجي لقيمة الضغط في الطرق الهوائية، يترافق ذلك بازدياد مرافق في جريان الهواء، حيث يرتفع الضغط ضمن الأسناخ إلى أن يتعادل مع الضغط الخارجي عند مستوى الفم حيث يزول مدروج الضغط ويتوقف جريان الهواء، بعدها يبدأ الزفير العفوي. يكون مخطط ضغط الطرق الهوائية نسبة للزمن كما في الشكل التالي:



الشكل (5): الضغوط ضمن الطرق الهوائية.

تدعى أعلى قيمة يبلغها الضغط ضمن الطرق الهوائية بالضغط القمي الشهيقي (PIP)، وتدعى القيمة التي يصل إليها الضغط في نهاية الشهيق بضغط الصفحة (Pplat)، كما يمكن إضافة ضغط إيجابي في نهاية الزفير (PEEP). تدعى محصلة الضغوط أثناء الحركة التنفسية بضغط الطرق الهوائية الوسطي (MAP).

- **الضغط القمي الشهيقي Peak Inspiratory Pressure**: يعبر عن الضغط المطبق على الطرق الهوائية الكبيرة وهو يرتبط أساسا بمقاومة الطرق الهوائية .
- **ضغط الصفحة Plateau Pressure**: هو الضغط المسجل في الطرق الهوائية في نهاية الشهيق. وحيث أن الجريان يكون متوقفا هنا فلا علاقة له بالطرق الهوائية الكبيرة بل يعبر عن الضغط المطبق على الطرق الصغيرة والأسناخ. يتعلق هذا الضغط بالحجم الناتج إضافة للمطاوعة الرئوية وجدار الصدر. يمكن قياس هذا الضغط بإجراء توقف للجريان في نهاية الشهيق لمدة قصيرة(0.5-2 sec)حيث يحدث توازن بين الضغط في الطرق الهوائية والأسناخ.

إنه من الهام التحكم بضغط الصفحة، حيث أنه هو الضغط المطبق على الأسناخ لأن فرط تمدد الأسناخ هو أحد العوامل الهامة في أذية الرئة المحدثة بالمنفسة VILI (يجب ألا تتجاوز قيمة ضغط الصفحة 30cm H2O خلال التهوية الآلية)، يتناسب الفرق بين الضغط القمي وضغط الصفحة طردا مع مقاومة الطرق الهوائية.

- ضغط الطرق الهوائية الوسطي **Mean Airway Pressure**: يعبر عن متوسط الضغط المطبق على الطرق الهوائية خلال الدورة التنفسية، وبالتالي بمقدار الضغط المطبق ومدته. يتعلق الضغط الوسطي بـ: (مستوى الضغط الشهيقي، مستوى الضغط الزفيري، زمن الشهيق).

Paw= (PIP-PEEP).(TI/TT)+PEEP.(TE/TT)

حيث Paw الضغط الوسطي، PIP الضغط القمي، PEEP الضغط الإيجابي في نهاية الزفير، TT زمن الدورة التنفسية، TI زمن الشهيق، TE زمن الزفير.

طرق زيادة MAP:

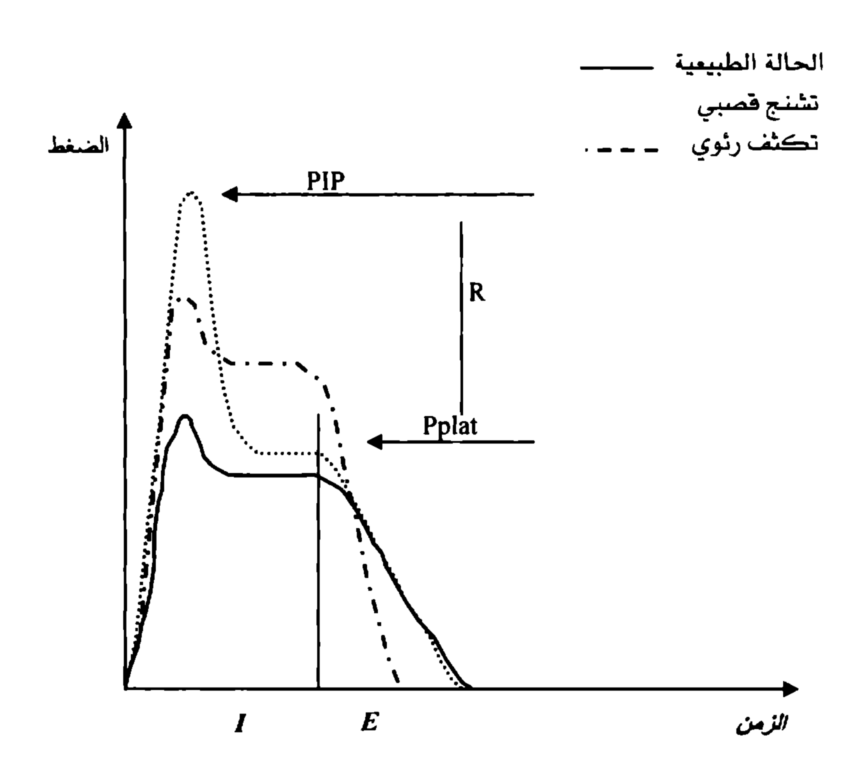
- زيادة الحجم الجاري Vt (زيادة الضغط الشهيقي PIP).
- زيادة تواتر التنفس Rate.
- زيادة زمن الشهيق (يزداد MAP دون زيادة PIP).
- إضافة زمن صفحة (توقف في نهاية الشهيق).
- إضافة ضغط إيجابي في نهاية الشهيق.

تطبيقات عملية :

عند ازدياد الضغط القمي الشهيقي **PIP** دون زيادة مرافقة في ضغط الصفحة **Pplat** تكون المشكلة هي زيادة مقاومة الطرق الهوائية. الأسباب المحتملة: إنسداد الأنبوب الرغامي، إنسداد الطرق الهوائية بالمفرزات، تشنج الطرق الهوائية، وجود ماء في دارة المنفسة.

عند ازدياد كل من الضغط القمي وضغط الصفحة تكون المشكلة هي نقص المطاوعة الرئوية ومطاوعة جدار الصدر (قابلية التمدد). الأسباب المحتملة: انخماص فصي، وذمة رئة حادة، تدهور ذات الرئة أو ARDS، ريح صدرية، انصباب جنبي. إن تمدد البطن الشديد (حبن) يسبب نقصا في المطاوعة. وأخيرا فإن تطور احتباس هواء سنخي (Auto PEEP) لدى مرضى COPD سيسبب نفس المشكلة.

يلخص (الشكل 6) التبدلات التي تحدث عند زيادة المقاومة (تشنج قصبي) أو نقص المطاوعة (تكثف رئوي).



الشكل (6): تبدل الخواص الميكانيكية للرئة في الحالات المرضية.

جهاز التهوية الآلية

الأقسام - الدارة - المرطبات والفلتر

المنفسة:

هي جهاز يولد جريانا مضبوطاً في الطرق الهوائية للمريض. يتم ادخال الهواء والأكسجين إلى المنفسة حيث يتم مزجهما بنسبة محددة (FiO2) يضعها المستخدم، ثم يقدم للمريض عبر صمام شهيقي بإحدى طرق التهوية المتعددة. بعد ذلك يتم تلقي الهواء المزفور عبر صمام زفيري حيث يتم حساب الحجم المزفور. تقوم الوحدة الإلكترونية للمنفسة microprocessor بالتحكم بالصمامين لتعديل خواص تيار الهواء المرسل. يمكن من خلال الصمام الزفيري جعل ضغط الطرق الهوائية إيجابيا أثناء الزفير (PEEP) حيث يكون صمام الشهيق مغلقاً.
يمثل (الشكل7) مخططا مبسطا للمنفسة.

الشكل (7): مخطط المنفسة.

دارة المنفسة:

تعمل على توصيل الهواء من وإلى المريض عبر قسميها الشهيقي والزفيري. يمكن وضع فلاتر التهوية على الذراع الشهيقي والزفيري للدارة. يدعى الحجم الهوائي الموجود في دارة المنفسة بالحيز الميت الميكانيكي، يجب أن يكون هذا الحيز أقل من 50 ml، حيث يغدو ذلك مهما عند التهوية بحجوم منخفضة وعند الأطفال.

لا يوجد حاليا أي توصية بتغيير دارة المنفسة وفق مواعيد ثابتة. لم يثبت أن ذات الرئة المحدثة بالمنفسة VAP تنتج عن تلوث الدارة (مصدر الجراثيم عادة هو المريض نفسه من خلال استنشاق المفرزات الرغامية). يجب تجديد دارة المنفسة عند تبديل المريض أو سوء عمل الدارة (تسريب) أو عند تراكم المفرزات ضمنها بغزارة .

الترطيب Humidification:

يتم ترطيب وتدفئة الهواء المستنشق في الأحوال الطبيعية في الطرق الهوائية العلوية بدءا من الأنف حتى المهماز الرغامي. حيث يصل الهواء إلى الأسناخ بدرجة حرارة الجسم مع رطوبة نسبية مناسبة. في الحالات الطبيعية يتم استهلاك 250ml من الماء يوميا من قبل الجهاز التنفسي لترطيب الهواء المستنشق.

ولكن تحت ظروف التهوية الآلية تغيب هذه الآلية مما يؤدي إلى دخول هواء جاف غير دافئ، يؤدي ذلك إلى تأذي المخاطية التنفسية، مما يسبب جفاف المفرزات وصعوبة التخلص منها إضافة إلى الإنخماصات السنخية ونقص الأكسجة الناتج.

يمكن ترطيب الهواء وتدفئته في المنفسة بطريقتين: إما بشكل فاعل (المرطب الحراري) أو بشكل منفعل (المرطب الذاتي Artificial Noses)،

المرطب الحراري:

يتم تزويد الماء للمرطب من مصدر خارجي حيث يتم تسخينه إلى درجة حرارة معينة يحددها المستخدم (الهدف هو حرارة الجسم 36-37C°)، يتم تمرير الهواء على الماء المسخن ثم يرسل للمريض. يمكن تسخين الدارة التي تنقل الهواء للمريض وهذا يمنع تكاثف الماء في دارة المنفسة.



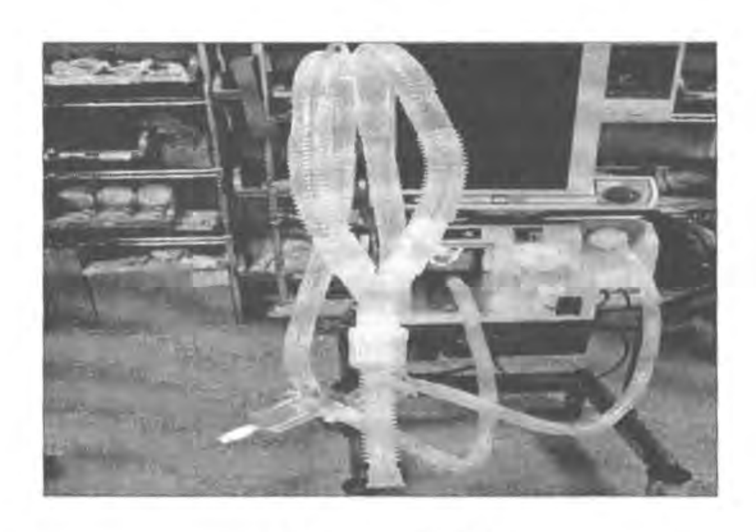
الشكل (8): المرطب الحراري.

المرطب الذاتي Artificial Noses:

يتم وضعه بين دارة المنفسة والمريض مباشرة، حيث يقوم بحبس الحرارة والرطوبة من الهواء المزفور ثم يعيدها إلى الهواء الداخل أثناء الشهيق للمريض. لا حاجة للكهرباء أو التسخين أو التزويد بالماء من مصدر خارجي، يقلل هذا الجهاز من الكلفة والتلوث لكنه يزيد من مقاومة الدارة والحيز الميت وبالتالي المجهود التنفسي ومتطلبات التهوية (أمر هام عند الأطفال وعند التهوية بحجوم منخفضة). تعد هذه الطريقة خيارا جيدا للترطيب عند معظم المرضى لكنها أقل فعالية من المرطب الحراري. يجب تبديل المرطب الذاتي بعد 3- 5 أيام من استعماله.

مضادات استخدام المرطب الذاتي:

- وجود مفرزات غزيرة.
- التهوية بحجوم منخفضة جداً (زيادة الحيز الميت)، أو بحجوم عالية جداً (1 litre) حيث تضعف قدرة المرطب على الترطيب.
- إذا كان الحجم الجاري المزفور < 70% من الحجم الجاري المستنشق (مفجر صدري مثلا).
- انخفاض حرارة الجسم المركزية < 32C° .
- عند الأطفال (يزيد من المجهود التنفسي).



الشكل (9): المرطب الذاتي.

تصنيف التهوية الآلية

ذكرنا أن لكل حركة تنفسية أربع متغيرات هي الضغط، الحجم، سرعة الجريان، الزمن. يشير توصيف نظام التهوية إلى طريقة تقديم الدعم الشهيقي للمريض، بينما يكون الدعم الزفيري للمريض بتقديم ضغط إيجابي في نهاية الزفير. يمكن من خلال هذا البحث توصيف طريقة عمل أي جهاز للتهوية الآلية خواص الحركات التنفسية) بغض النظر عن الأشكال التجارية.

لكي نبدأ حركة تنفسية معينة يجب أول تحديد آلية بدئها (trigger)، والذي قد يكون فاصلاً زمنياً معين إذا كانت الحركة مقدمة من قبل المنفسة، أو تبدلاً في ضغط الطرق الهوائية أو سرعة الجريان عبرها إذا كان المريض هو من يقرر بدء الحركة.

بعد ذلك يجب تحديد المتغير الذي يجب أن نثبته طوال فترة الشهيق (control). حيث أن تبدلات المطاوعة الرئوية ومقاومة الطرق الهوائية سوف لن تبدل من قيمة هذا المتغير. يمكن أن نثبت الحجم الداخل وبالتالي نحن أمام تهوية مضبوطة الحجم،أو أن نثبت الضغط المطبق فنكون أمام تهوية مضبوطة الضغط.

لا بد من وجود حدود معينة (limit) يجب الا تتجاوزها المتغيرات كي نضمن سلامة عملية التهوية.

لا بد أيضا من دليل يخبر المنفسة بأن الشهيق قد تم وانه قد حان الوقت للسماح للمريض بالإنتقال للزفير (cycle). يمكن أن يكون ذلك بعد دخول حجم معين للرئة أو وصول الضغط إلى قيمة ما أو انقضاء زمن ما أو انخفاض سرعة الجريان إلى قيمة ما.

يمكن لموجة الجريان الهوائي أن تأخذ أشكالا مختلفة (جريان ثابت أو تهابطي) لكل منها خواصه الميكانيكية.

كما يمكن للمريض أخذ أنواع مختلفة للحركات على المنفسة لكل منها خواص معينة.

بعد المقدمة السابقة نأتي بشيء من التفصيل على ذكر الخواص المختلفة للحركات التنفسية.

آلية بدء الحركة التنفسية Variable Trigger:

يمكن من خلال هذا المتغير تحديد طريقة بدء الحركة التنفسية أي بدء الشهيق.
هناك ثلاث طرق لذلك:

- **Time trigger**: تبدأ الحركة التنفسية الإجبارية عند انقضاء فاصل زمني ثابت بناء على معدل الحركات التنفسية الذي يضعه المستخدم. مثال إذا كان RR = 12 b/min فهذا يعني أن المنفسة ستبدأ شهيقا إجبارياً جديداً عند انقضاء زمن قدره 5sec.

بالنسبة للحركات التي يقرر المريض بدئها على المنفسة، لا بد من آلية تمكن المنفسة من التحسس للجهد التنفسي الذي يبذله المريض، حيث تسمح للمريض بأخذ حركة تنفسية (بدء شهيق) عند بذله جهدا تنفسيا مناسباً (تحدد الحساسية من قبل المستخدم).

عند قيام المريض بأي جهد تنفسي (تقلص عضلة الحجاب الحاجز) يتشكل ضغط سلبي ضمن الصدر ، يؤدي ذلك إلى تغير معدل الجريان عبر القصبات. تتحسس المنفسة للجهد التنفسي للمريض إما بتحسسها لهبوط الضغط (Pressure trigger) أو بتحسسها لتغير معدل الجريان (Flow-by trigger) في الطرق الهوائية.

• Pressure trigger: تتحسس المنفسة عند حدوث انخفاض في مستوى الضغط القاعدي في الطرق الهوائية. توضع حدود الحساسية عادة (-1,-3cm H2O).

• Flow-by trigger: يتم تمرير تيار هوائي بسرعة جريان ثابت عبر الطرق الهوائية (5-20L/min) ودارة المنفسة خلال مراحل الدورة التنفسية. إن تغير معدل الجريان نتيجة المجهود الشهيقي للمريض يؤدي إلى تحسيس المنفسة. تتطلب هذه الآلية جهدا أقل من قبل المريض قياسا بالطريقة السابقة خاصة عند مرضى COPD. توضع حدود الحساسية عادة (2-3L/min).

تؤدي زيادة عتبة الحساسية(<3) (لا بد من جهود تنفسية أكبر) إلى زيادة الجهد التنفسي، حيث يتوجب على المريض القيام بمجهود تنفسي أكبر للتغلب على عتبة الحساسية المرتفعة (locked-in). بينما يؤدي خفض عتبة الحساسية (التحسس لجهود تنفسية منخفضة) إلى إحداث زلة تنفسية عند المريض ، حيث تستجيب المنفسة لأدنى جهد يبذله المريض (Autocycle).

آلية ضبط الحركة التنفسية Control Variable:

يحدد هذا المتغير طريقة إدخال الهواء إلى الرئة فهو يحدد مقدار الهواء المطلوب. يبقى هذا المتغير ثابتا طوال فترة الشهيق بغض النظر عن تبدلات مقاومة الطرق الهوائية والمطاوعة الرئوية. أشيع المتغيرات التي يتم ضبطها هي الحجم والضغط. **في التهوية مضبوطة الحجم Volume Control** يتم تقديم حجم هوائي ثابت خلال الشهيق، يكون الضغط المتولد في الطرق الهوائية متبدلاً. إن نقص المطاوعة الرئوية أو زيادة المقاومة في الطرق الهوائية سيسبب ارتفاعاً في الضغط المسجل في الطرق الهوائية لكنه لن يغير من قيمة الحجم الجاري المقدم. **في التهوية مضبوطة الضغط Pressure Control** يتم ادخال الهواء للرئة بتطبيق ضغط ثابت خلال فترة الشهيق، يكون الحجم الناتج متبدلا من حركة تنفسية لأخرى. إن نقص المطاوعة أو زيادة المقاومة سيسبب انخفاضا في الحجم الجاري المقدم (يؤدي إلى نقص التهوية).

آلية تحديد القيمة العظمى للمتغير Limit Variable:

يحدد هذا المتغير القيمة العظمى التي يمكن الوصول إليها خلال فترة الشهيق، لكنه لا يؤدي إلى إنهاء الشهيق. يمكن أن يكون هذا المتغير limit أي من العناصر الأربع للحركة (الحجم، الضغط، الجريان، الزمن). من خلال هذه الميزة ظهرت أنظمة التهوية الآلية ثنائية الضبط Dual والتي أتاحت التحكم بضغط الطرق الهوائية خلال التهوية مضبوطة الحجم VC (أو العكس).

آلية الانتقال إلى الزفير Cycle Variable:

تحدد هذه الآلية كيفية إنهاء المنفسة لفترة الشهيق والتحول للزفير. يمكن أن يكون ذلك بعد انقضاء زمن معين للشهيق (Time-cycled) كما في التهوية مضبوطة الضغط P.C، ويمكن أن يكون بعد انخفاض سرعة الجريان الهوائي إلى قيمة معينة (Flow-cycle) كما في التهوية بنظام الدعم الضغطي Pressure Support، كما يمكن أن يكون ذلك بعد تقديم حجم هوائي معين (Volume-cycle) كما في التهوية مضبوطة الحجم V.C. يمكن إضافة فترة توقف زمني شهيقي في نظام V.C وعندها يصبح (Volume-Time-cycle).

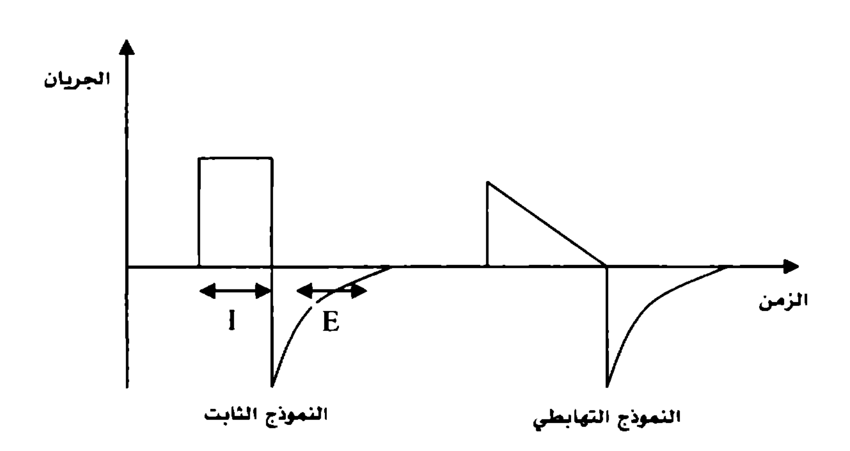
أنماط موجة الجريان:

هناك أنماط ثلاثة لموجة الجريان الهوائي الشهيقي وهي: الشكل الجيباني والشكل الثابت (المربع) والشكل التهابطي.

- **Sinusoidal wave**: تزداد سرعة الجريان تدرجيا ثم تتناقص حتى نصل لنهاية الشهيق. وهو النموذج المشاهد في التنفس العفوي وفي نظام CPAP .
- **(square) Constant wave**: يستمر الجريان الهوائي بسرعة ثابتة حتى نهاية الشهيق ووصول كامل الحجم الجاري. يشاهد هذا النموذج في نظام التهوية مضبوطة الحجم V.C فقط.

• **Decelerating wave (ramp):** يبدأ الجريان الشهيقي بسرعة عظمى حيث يتم تقديم معظم الحجم الجاري، ثم يتباطئ تدريجيا مع ازدياد الضغط ضمن الأسناخ حتى نهاية الشهيق. يمكن استعمال هذا النموذج في التهوية مضبوطة الحجم V.C وهو النموذج المشاهد في التهوية مضبوطة الضغط P.C.

إن استعمال موجة جريان ثابتة يسبب ارتفاعاً في قيمة الضغط القمي الشهيقي لكنه يقلل الزمن اللازم لدخول الهواء (زمن الشهيق) مما يخفض ضغط الطرق الهوائية الوسطي MAP. بينما يؤدي استعمال موجة الجريان التهابطي إلى ضغط قمي أقل بينما يزيد الضغط الوسطي MAP (زيادة زمن الشهيق). يؤدي استخدام الموجة التهابطية إلى انتشار أكثر تجانسا للتهوية خاصة بوجود انسداد في الطرق الهوائية.



أنواع الحركات التنفسية على جهاز التهوية الآلية:

إن معرفة أنواع الحركات التي يمكن للمريض أن يأخذها على المنفسة امر في غاية الأهمية، لأن أي نظام في التهوية هو مزيج من هذه الحركات .

إن لكل حركة تنفسية ثلاث خصائص هي: بدء الحركة، عمق الحركة، انتهاء الحركة.

أولا هناك **الحركة التنفسية الإجبارية** حيث تكون من مسؤولية المنفسة تماماً (البدء، العمق، الانتهاء). ثم هناك **الحركة التنفسية العفوية** والتي تكون من مسؤولية المريض تماماً (البدء، العمق، الانتهاء).

نأتي على الحركات التنفسية التي يتشارك فيها المريض والمنفسة: **هناك الحركة التنفسية المساعدة Assisted**: يبدؤها المريض وتكملها المنفسة فتحدد عمقها وتنهيها (يكون دور المريض هنا فقط إشارة بدء الحركة). وهناك أيضا **الحركة التنفسية المدعومة Supported**: يبدؤها المريض وينهيها المريض ويتشارك المريض والمنفسة في تحديد عمقها (حركة عفوية مدعومة).

يلخص (الجدول3) أنواع الحركات التنفسية وخواصها.

الجدول 3: أنواع الحركات التنفسية على المنفسة

نوع الحركة	البدء	العمق	الإنتهاء
إجبارية Controled:	المنفسة	المنفسة	المنفسة
عفوية Spontaneous:	المريض	المريض	المريض
مساندة Assisted:	المريض	المنفسة	المنفسة
مدعومة Supported:	المريض	المنفسة+ المريض	المريض

أنظمة التهوية الآلية

التهوية مضبوطة الحجم Volume Control

إن اختيار نظام التهوية الآلية يعتمد على قدرات المنفسة وخبرة وتفضيل الطبيب (معرفته الجيدة بنظام ما) والأهم من ذلك احتياجات المريض. بدلا من الاعتماد على نظام مفضل للتهوية لا بد من تقرير ذلك لكل مريض على حدة. يعبر نظام التهوية الآلية عن مشاركة أنواع مختلفة من الحركات التنفسية. قبل التحدث عن أنظمة التهوية الآلية المتعددة نميز بين طريقتين في دعم التهوية : دعم التهوية الكامل، ودعم التهوية الجزئي.

طريقة دعم التهوية الكامل:

تؤمن هذه الطريقة كامل حجم التهوية بالدقيقة من قبل المنفسة دون تداخل بين المريض والمنفسة. يتطلب ذلك تركين المريض بشكل جيد Sedation وربما استعمال المرخيات العضلية. يستطب ذلك في حالات القصور التنفسي الشديد، عدم الثبات الهيموديناميكي، الأذيات العصبية، عند استعمال المرخيات العضلية.

طريقة دعم التهوية الجزئي:

تؤمن هذه الطريقة مقدارا مقبولا من حجم التهوية بالدقيقة من قبل المنفسة والباقي يؤمنه المريض. يستطب ذلك في حالات القصور التنفسي المعتدل أو في طور التعافي (الفطام). من مزايا هذه الطريقة تجنب الضمور العضلي خلال فترات التهوية الآلية المطولة، الحفاظ على مركز التحكم التنفسي Respiratory Drive، تقليل متطلبات التركين والإرخاء، استجابة هيموديناميكية أفضل للتهوية الآلية، تهوية افضل للمناطق الرئوية. ولكن من المساوئ لهذه الطريقة زيادة المجهود التنفسي للمريض وصعوبة تحقيق التبادل الغازي الكافي .

التهوية مضبوطة الحجم Volume Controlled Ventilation:

الطريقة الأشيع عالميا في التهوية الآلية. يحدد المستخدم هنا معدل الحركات التنفسية المطلوب والحجم الجاري ومعدل الجريان الشهيقي، بينما يكون ضغط الطرق الهوائية الناتج متبدلا. إن تبدلات المطاوعة الرئوية ومقاومة الطرق الهوائية سوف لن يغير من الحجم الهوائي المقدم ولكنه سيغير الضغط المسجل في الطرق الهوائية.

المشكلة في هذا النظام هي التحكم بضغط الطرق الهوائية. تتعلق قيمة الضغط بالمطاوعة الرئوية ومقاومة الطرق الهوائية والحجم الجاري المقدم. يؤدي تحديد سرعة الجريان عند قيمة معينة لا يمكن تجاوزها إلى مشكلة عدم تزامن مع المنفسة في حال كانت أقل من متطلبات المريض (لا يمكنه زيادة معدل الجريان بعكس نظام التهوية مضبوطة الضغط حيث يكون معدل الجريان متبدلا يزداد عند بذل المريض جهدا تنفسيا مناسبا).

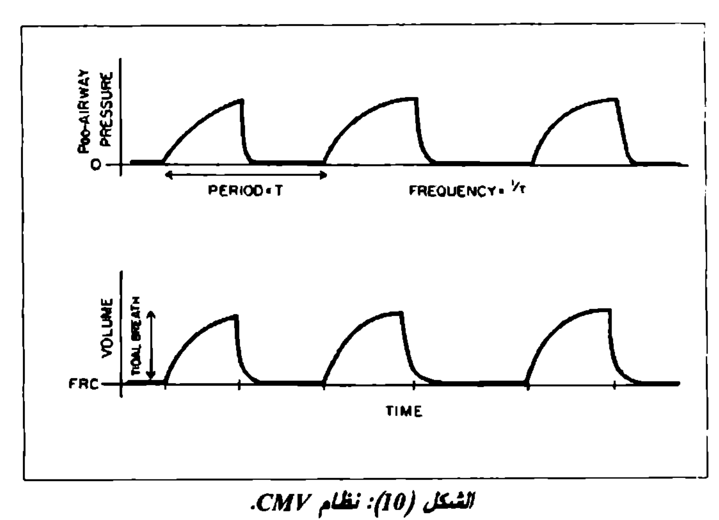
يمكن تقديم التهوية بهذه الطريقة (ضبط الحجم) من خلال ثلاث أنظمة تعد أشهر أنظمة التهوية الآلية وأقدمها ، وهي :

1. نظام التهوية الآلية الإجبارية CMV.
2. نظام التهوية الآلية الإجبارية والمساعدة A/C.
3. نظام التهوية الآلية المتقطعة(المتزامنة) (S)IMV.

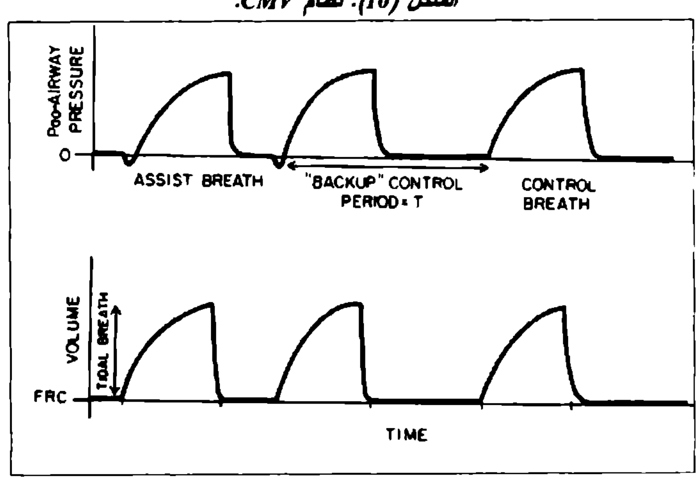
Controlled Mandatory Ventilation:

يتم تقديم كامل حجم التهوية بالدقيقة VM من خلال المنفسة دون تدخل المريض (VM = Rate * Vt)، حيث يتم تقديم حركات تنفسية إجبارية فقط وفق تواتر وحجم يحددهما المستخدم. إن أي جهد تنفسي يقوم به المريض يتم تجاهله تماماً من قبل المنفسة.

يستخدم هذا النظام في المرضى الذين لا يبدون اي فعالية تنفسية (أذية حبل شوكي، انسمام دوائي، استعمال المرخيات العضلية). يمكن استخدام هذا النظام في حالات القصور التنفسي الشديد (مع تحقيق الإرخاء الكامل) مثال ARDS ، الربو الحاد.



الشكل (10): نظام CMV.



الشكل (11): نظام A/C.

:Assist-Controlled Ventilation

يسمح هذا النظام للمريض بأخذ نوعين من الحركات التنفسية: الحركات الإجبارية Controlled والحركات المساعدة Assisted، تتحسس المنفسة للجهد المبذول من قبل المريض وتستجيب له بأن تقدم حركة تنفسية مماثلة للحركة الإجبارية.

إن للحركة المساعدة Assisted المقدمة من قبل المنفسة نفس الحجم ونفس الزمن للحركة الإجبارية Controlled ولكنها تختلف فقط في أن المريض هو الذي يبدأ الحركة.

في حال عدم قيام المريض بجهد تنفسي مناسب خلال فترة زمنية تعادل زمن الدورة التنفسية حسب التواتر المحدد (60/rate sec) تقوم المنفسة بإعطاء حركة إجبارية للمريض. مثال: إذا كان التواتر الإجباري المحدد من قبل المستخدم 12 حركة في الدقيقة فإن المنفسة ستقدم حركة إجبارية للمريض كل 5 ثواني (60/12). إذا قام المريض بجهد مناسب خلال هذه الفترة تلقى حركة مساعدة من قبل المنفسة وفي حال انقضاء 5 ثواني دون أي جهد تنفسي فإن المريض سيتلقى حركة إجبارية من المنفسة وهكذا.

يتم تحديد عتبة الحساسية (لتقديم الحركات المساعدة) من قبل المستخدم (قد يكون ذلك بآلية الضغط أو الجريان). في حال كون عتبة الحساسية منخفضة يؤدي ذلك إلى حدوث فرط تهوية لدى المريض حيث تستجيب المنفسة لأقل جهد تنفسي مبذول Autocycle. بينما إذا كانت عتبة الحساسية مرتفعة يؤدي ذلك إلى زيادة الجهد التنفسي للمريض (لا تستجيب المنفسة إلا للجهود العالية) حيث يحدث عدم التزامن مع المنفسة Dysynchronous .

إن التآلف الوحيد بين المريض والمنفسة هو أن المريض يتلقى شهيقاً إجبارياً عند رغبته بذلك دون أن يبذل جهداً كبيراً (جهد تنفسي لتحسيس المنفسة فقط)، يمكن للمريض أن يحدد تواتر التنفس الخاص به (قد تكون الفواصل التنفسية غير متساوية) ولكن ليس حجم الحركة التنفسية. في حال فشل المريض في بدء الحركات التنفسية تتحول المنفسة إلى التنفس الإجباري الإحتياطي Backup (VM = Rate * Vt) حيث يضمن ذلك الحد الأدنى المطلوب من التهوية.

يعد نظام A/C النظام الأفضل لبدء التهوية الآلية لدى معظم المرضى ولكن له مساوئ عدة منها عدم وجود مركبة للفطام في هذا النظام كما أن المرضى معرضون لفرط التهوية والقلاء التنفسي وما ينتج عن ذلك من احتباس هوائي AutoPEEP.

Intermittent Mandatory Ventilation:

نظام تهوية جزئي تم تطويره لتسهيل الفطام عن المنفسة. يمكن للمريض هنا أخذ حركات عفوية إضافة للحركات الإجبارية المقدمة من قبل المنفسة (يحدد حجم وتواتر الحركات الإجبارية من قبل المستخدم).

عند بدء استخدام هذا النظام برزت مشكلتان، الأولى إمكانية تعارض الحركة الإجبارية للمنفسة مع الحركة العفوية للمريض مما يؤدي إلى فرط تمدد الرئة وارتفاع الضغوط واحتمال الأذية الرئوية. المشكلة الأخرى هي الجهد التنفسي الذي ينبغي على المريض بذله التغلب على مقاومة الدارة التنفسية والأنبوب الرغامي، فضلا عن انخفاض المطاوعة الرئوية لدى المريض أصلاً (مجهود تنفسي مرتفع).

تم حل المشكلة الأولى بتطوير تقنية التزامن، حيث تم تزويد المنفسة بحساس يستطيع مزامنة الجهد التنفسي العفوي للمريض مع الحركات الإجبارية للمنفسة بحيث نضمن عدم التعارض. في حال بذل المريض لجهد تنفسي عفوي خلال فترة زمنية

معينة (تدعى فترة النافذة window وتمثل الـ 20% الأخيرة من زمن الدورة التنفسية) تقوم المنفسة بتقديم حركة تنفسية مساعدة للمريض (assisted, synchronized) بطريقة مشابهة للحركات المساعدة في نظام A/C .

تم حل المشكلة الثانية (زيادة المجهود التنفسي للمريض) بتطوير نظام الدعم الضغطي Pressure Support حيث يتم تقديم ضغط إيجابي إضافي للمريض أثناء قيامه بالحركات العفوية يساعده على التغلب على مقاومة الأنبوب الرغامي ودارة المنفسة ونقص المطاوعة التنفسية لديه (يشرح نظام P.S لاحقا).

وهكذا يمكن للمريض في نظام SIMV أخذ ثلاث أنواع من الحركات:

1. حركات إجبارية Controlled.
2. حركات مساعدة (Synchronized) Assisted.
3. حركات عفويةSpontaneous (يمكن أن تكون مدعومة Supported).

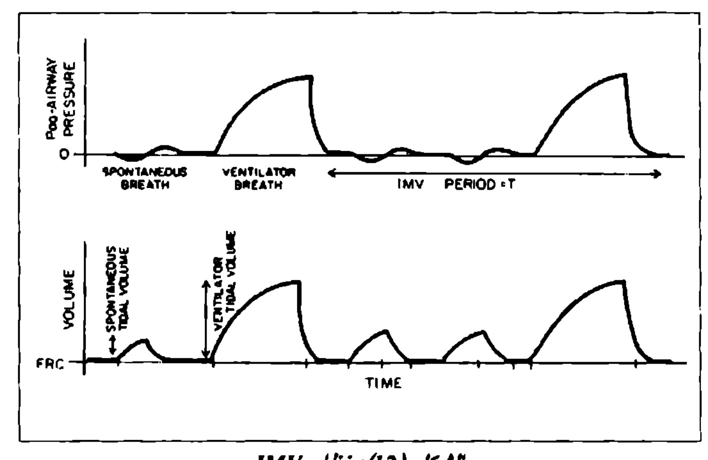
إن الجهد التنفسي الذي يبذله المريض قد يكون كبيراً في هذا النظام لذا من الخطأ الظن بأن المريض هنا يرتاح خلال الحركات الإجبارية ويعمل خلال الحركات العفوية فقط.

مقارنة بين نظاميA/C , SIMV:

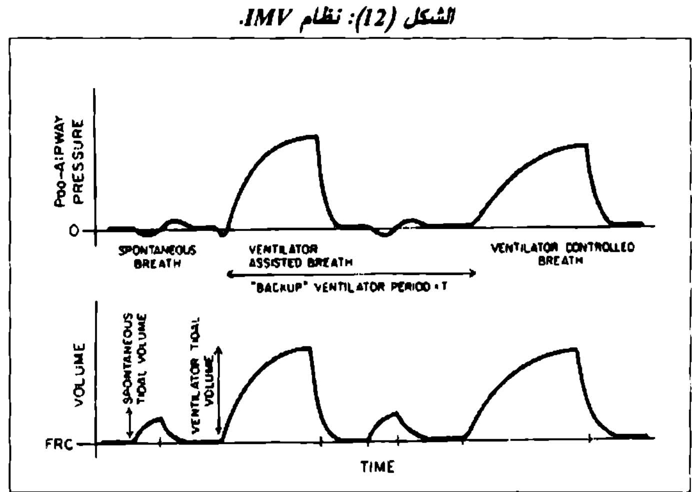
يملك نظام SIMV العديد من المزايا منها تحسين التزامن مع المنفسة، تقليل ضغط الطرق الهوائية الوسطي، تقليل الميل لإحداث فرط تهوية واحتباس هوائيAuto PEEP..

يمكن أن يكون نظام A/C نظام تهوية أفضل للمرضى شديدي المراضة الذين يتطلبون دعما كاملا للتهوية وحيث يكون التذبذب في حجم التهوية بالدقيقة غير مرغوب (مثال: مريض فرط توتر داخل القحف حيث نخشى حدوث ارتفاع $PaCO_2$ لديه).

إذا كان المريض عاجزاً عن بدء الحركات على المنفسة (مرخيات عضلية مثلا أو أذية دماغية واسعة) يغدو كل من نظامي التهوية المذكورين آنفا متماثلاً (يتم تقديم حركات إجبارية للمريض فقط سواء على نظام A/C أو نظام SIMV).



الشكل (12): نظام IMV.



الشكل (13): نظام SIMV.

الإعدادات البدئية للمنفسة (V.C)

إن إعطاء توصيف دقيق لطريقة ضبط الإعدادات لكل حالة مرضية توضع على المنفسة أمر مستحيل. في البدء نحدد نظام التهوية المطلوب حيث يفضل أن يكون من أنظمة الدعم التنفسي الكامل، عند تحسن حالة المريض يمكن تحويله إلى نظام دعم جزئي للتنفس تمهيدا للفطام.

يمكن تقسيم الحالات المرضية التي توضع على المنفسة إلى ما يلي:

رئة سليمة وطرق هوائية سليمة:

مثال انسمام دوائي، أذية عصبية. لا يوجد مشكلة في تهوية هؤلاء المرضى عادة حيث يحتاجون لمقادير منخفضة نسبيا من FiO2 ومن الـ PEEP (ليس لديهم مشكلة في الأكسجة)، كما تكون مطاوعة الرئة جيدة لديهم وبالتالي فلا مشكلة في تهويتهم بحجوم مرتفعة نسبيا دون الخوف من ارتفاع ضغط الصفحة Pplat لديهم (الرض الضغطي). كما تكون حالة الطرق الهوائية لديهم جيدة، بحيث نكون بعيدين عادة عن خطر الإحتباس الهوائي Auto PEEP.

إصابة طرق هوائية:

مثال ربو حاد COPD. يميل هؤلاء المرضى عادة لإحداث احتباس هوائي Auto PEEP، لذا يفضل تهويتهم بحجوم متوسطة مع تقليل عدد الحركات التنفسية قدر الإمكان للسماح بزمن زفير كافي.

أذية برانشيم رئوي:

مثال ذات رئة ثنائية الجهة، نزف رئوي منتشر، ARDS. يكون هناك انخفاض حاد في المطاوعة الرئوية، كما يكون هناك حالة نقص أكسجة شديد (انخماصات

وتكثفات سنخية منتشرة). يتطلب ذلك استعمال مقادير مرتفعة من FiO2 وPEEP. يفضل تهوية هؤلاء المرضى بحجوم منخفضة لتجنب الارتفاع الشديد في ضغط الصفحة لديهم (نقص المطاوعة)، يستلزم ذلك زيادة عدد الحركات التنفسية للحفاظ على تهوية سنخية مقبولة لديهم وتجنب عواقب نقص التهوية (فرط CO2 ولكن ذلك غير ممكن دائما حيث نضطر أحيانا للسماح بفرط CO2 لتجنب الارتفاع الشديد في ضغط الصفحة).

تشمل الإعدادات البدئية في نظام التهوية مضبوطة الحجم كلا مما يلي:

- الحجم الجاري Vt.
- معدل الحركات التنفسية Rate.
- معدل الجريان الشهيقي Flow، زمن الشهيق Ti، نسبة I : E
- زمن الصفحة Ins Pause.
- شكل موجة الجريان Flow pattern.
- نسبة الأكسجين المستنشق FiO2.
- درجة الحساسية Trigger sensitivity.
- PEEP.

الحجم الجاري Tidal Volume:

يوضع على أساس وزن الجسم المثالي ويتراوح 5-10ml/kg حيث يعتمد ذلك على حالة الرئة والخواص الميكانيكية.

- في حالة كانت الرئة والطرق الهوائية سليمة Vt = 10-12 ml/kg.
- في حالة كانت البرانشيم الرئوي مصابا Vt = 4- 6 ml/kg.
- في حالة كانت الطرق الهوائية مصابة Vt = 5-8 ml/kg.

لقد تم الاهتمام مؤخراً بتقليل الحجم الجاري المقدم بسبب ملاحظة اهمية اذية الرئة المحدثة بالمنفسة ودور الرض الضغطي والحجمي فيها (نتيجة فرط تمدد الأسناخ). يجب ألا يزيد ضغط الصفحة Pplat عن 30cm H2O (ما لم تكن مطاوعة جدار الصدر منخفضة) وذلك لتجنب حدوث الأذية.

ينتج عن تهوية الرئة بحجوم منخفضة جدا تطور انخماصات سنخية ونقص أكسجة ونقص تهوية. بينما ينتج عن التهوية بحجوم عالية جداً أذية رئوية، قلاء تنفسي، انخفاض النتاج القلبي (بسيبب زيادة الضغط الوسطي في الطرق الهوائية MAP).

يجب ألا يتجاوز الفرق بين الحجم الجاري الشهيقي والحجم المزفور أكثر من 100 ml وإلا فهناك تسريب في مكان ما (ناسور قصبي جنبي أو عيب في الدارة).

معدل الحركات التنفسية Respiratory Rate:

يعتمد على الحجم الجاري المقدم وحالة الرئة والطرق الهوائية ومستوى كل من PaCO2 وPH. يعادل حاصل قسمة حجم التهوية المطلوب بالدقيقة على الحجم الجاري المقدم VM/Vt ويوضع عادة في حدود 10-20 b/min،

- في حال كون الرئة والطرق الهوائية سليمة Rate = 8-12 b/min.
- في حال أذية البرانشيم الرئوي Rate = 15-25 b/min.
- في حال كون الطرق الهوائية مصابة Rate = 8-12 b/min.

يؤدي زيادة معدل الحركات التنفسية إلى نقص زمن الدورة التنفسية ولكن على حساب زمن الزفير فقط أي يبقى زمن الشهيق ثابتا (و بالعكس).

يمكن زيادة معدل الحركات التنفسية في أمراض الرئة الحاصرة وفي حال استعمال حجوم منخفضة. قد يؤدي ذلك إلى قلاء تنفسي، رض ضغطي Barotrauma، احتباس هوائي Auto PEEP (بسبب نقص زمن الزفير). بينما يؤدي

استعمال معدل حركات تنفسية منخفض إلى نقص التهوية وربما نقص الأكسجة أيضاً، انزعاج المريض Distress بسبب عدم تناسب معدل الحركات المقدم مع حاجته من التهوية.

معدل الجريان الشهيقي Flow، زمن الشهيق Ti، نسبة الشهيق للزفير IE:

يوضع معدل الجريان الشهيقي عادة على قيمة 40-100 L/min. يمكن زيادة معدل الجريان إلى 90-100 L/min في المرضى ذوي المتطلبات الشهيقية العالية، حيث يؤدي ذلك إلى: تقليل المجهود الشهيقي وتحسين التزامن مع المنفسة إضافة لتقليل حدوث الـ Auto PEEP، ولكن ذلك قد يسبب زيادة الضغط القمي الشهيقي PIP. يمكن استعمال معدلات جريان منخفضة لتقليل PIP وخطورة الرض الضغطي.

إن معدلا ت الجريان المرتفعة قد تسبب جريانا مضطربا في الطرق الهوائية الصغيرة مما يقلل من امتلاء الأسناخ، بينما تكون معدلات الجريان المنخفضة غير محتملة من قبل المريض الواعي.

عند تثبيت معدل الحركات التنفسية Rate وبالتالي تثبيت زمن الدورة التنفسية الكلي يتعلق زمن الشهيق Ti وزمن الزفير Te والنسبة بينهما I: E بمعدل الجريان الشهيقي. يمكن توقع تأثير تغير معدل الجريان من المعادلة:

$$Vt = Flow * Ti$$

حيث يؤدي زيادة معدل الجريان إلى تقليل زمن الشهيق (وزيادة زمن الزفير) بينما يؤدي تخفيض معدل الجريان إلى زيادة زمن الشهيق (وإنقاص زمن الزفير)، تذكر أن معدل الحركات وبالتالي زمن الدورة التنفسية الكلي ثابت.

يفضل أن يكون زمن الشهيق في البدء 1sec. إن زيادة الحجم الجاري أو تقليل معدل الجريان يؤدي إلى زيادة زمن الشهيق.

عادة يكون زمن الزفير أعلى من زمن الشهيق حيث تكون النسبة 1:2-1:3 = I:E مناسبة للتهوية عند البالغين. يجب إطالة زمن الزفير في حال تطور انخفاض في الضغط الشرياني أو حدوث احتباس هوائي بحيث تصبح النسبة 1:4-1:5 = I:E، يمكن تحقيق ذلك بعدة وسائل (زيادة معدل الجريان ، تقليل الحجم الجاري، تقليل معدل الحركات التنفسية).

كما يمكن إطالة زمن الشهيق < 2sec لتصبح النسبة I:E = 1:1-2:1 حيث يؤدي ذلك إلى زيادة ضغط الطرق الهوائية الوسطي وبالتالي تحسين الأكسجة، ولكن البراهين قليل حول فائدة التهوية مقلوبة النسبة في تحسين النتائج. تؤدي إطالة زمن الشهيق إلى تقليل زمن الزفير وبالتالي احتمال حدوث احتباس هوائي Auto PEEP.

في الأشكال التجارية للمنفسات يتم تحديد خيارات تحديد معدل الجريان وبالتالي زمن الشهيق ونسبة I:E بعدة طرق:

- **Rate, I:E**: هنا يتم تثبيت معدل الحركات ثم نسبة I:E بحيث يتحدد زمن الشهيق Ti بناء عليهما. مثال إذا كان Rate = 12 وكان I:E=1:2 يكون زمن الدورة التنفسية 60/12= 5sec وبالتالي Ti = 0.33 * 5 = 1.65 sec.
- **Rate, Flow**: يعتمد زمن الشهيق على الحجم الجاري المقدم. مثال إذا كان 12 = Rate وكان Flow = 60 L/min = 1 L/sec وكان Vt = 500 ml يكون زمن الشهيق Ti = Vt / flow = 0.5/1= 0.5 sec.
- **Rate, Ti**: يتم تحديد زمن الشهيق هنا مباشرة (يفضل البدء بقيمة 1sec).
- **نسبة زمن الشهيق، Rate**: هنا يحدد زمن الشهيق على أنه نسبة مئوية من زمن الدورة التنفسية الكلي. مثال إذا كان Rate = 60 و Ti% = 33% يكون زمن الدورة التنفسية الكلي 60/12 = 5 sec وبالتالي زمن الشهيق Ti = 5 * 0.33 = 1.65 sec.

نسبة الأكسجين المستنشق FiO2:

عند وجود نقص أكسجة شديد نبدأ بقيمة 100%، حيث يتم تخفيضها تدريجيا حتى الوصول إلى المستوى الآمن < 60% مع بقاء PaO2>60mm Hg و% SaO2 >90 ، في بعض حالات نقص الأكسجة الشديد (ARDS) المترافق بارتفاع شديد في ضغط الصفحة يمكن القبول بمستويات أقل للإشباع (% SaO2 = 87-90). قد يؤدي استعمال التراكيز العالية من الأكسجين لمدة مطولة > 48 ساعة إلى إحداث أذية رئوية.

موجة الجريان Flow pattern:

ذكرنا سابقا تفضيل موجة الجريان التهابطية على الموجة المربعة (الثابتة) حيث تترافق مع زيادة زمن الشهيق والإقلال من PIP وزيادة MAP.

زمن الصفحة (فترة التوقف الشهيقي) Ins Pause:

توقف في الجريان في نهاية الشهيق لفترة زمنية معينة قبل السماح للهواء بالخروج وبدء الزفير (Time-cycle). يؤدي ذلك إلى زيادة MAP وبالتالي تحسين الأكسجة. يوضع زمن الصفحة عادة 0-0.2 sec حيث يعتبر إحدى مناورات تحسين نقص الأكسجة.

درجة الحساسية Trigger sensitivity:

أولاً يتم تحديد طريقة تحسيس المنفسة (إما بآلية الضغط أو بآلية الجريان)، حيث لا يوجد فارق كبير حقيقة بين الطريقتين مع تفضيل طريقة التحسيس بالجريان لأنها تترافق بمجهود تنفسي أقل خاصة لدى مرضى COPD.

توضع حدود الحساسية على H2O cm (-1,-3) بالنسبة لآلية الضغط و(2-3 L/min) بالنسبة لطريقة الجريان.

عندما تكون الحساسية عالية يحدث قلاء تنفسي وفرط تفعيل المنفسة Autocycle ، بينما تؤدي الحساسية المنخفضة إلى زيادة المجهود التنفسي.

الضغط الإيجابي في نهاية الزفير PEEP:

يتم الحفاظ على الضغط إيجابيا في نهاية الزفير وذلك لمنع حدوث انخماص في الأسناخ خلال الزفير. في الأحوال العادية يتم وضع قيمته 3-5cm H2O ، سيتم مناقشة موضوع الـ PEEP في البحث القادم بشكل مفصل.

يبدي (الجدول 4) ملخص الإعدادات البدئية للمنفسة حسب حالة الرئة والطرق الهوائية.

الجدول 4: الإعدادات البدئية للمنفسة

	رئة طبيعية ، طرق هوائية سليمة	إصابة برانشيم رئوي	إصابة طرق هوائية
النظام	A/C	A/C	A/C
معدل الحركات التنفسية	10-12/min	15-25/min	10-12/min
الحجم الجاري	10-12ml/kg	4-6ml/kg	6-8ml/kg
I:E	1:2-1:3	1:2-3:1	1:3-1:4
معدل الجريان	40-60 L/min	40 L/min	60 L/min
PEEP	3-5	10	3-5
FiO2	0.21-0.40	1	0.25-0.40

الضغط الإيجابي في نهاية الزفير PEEP

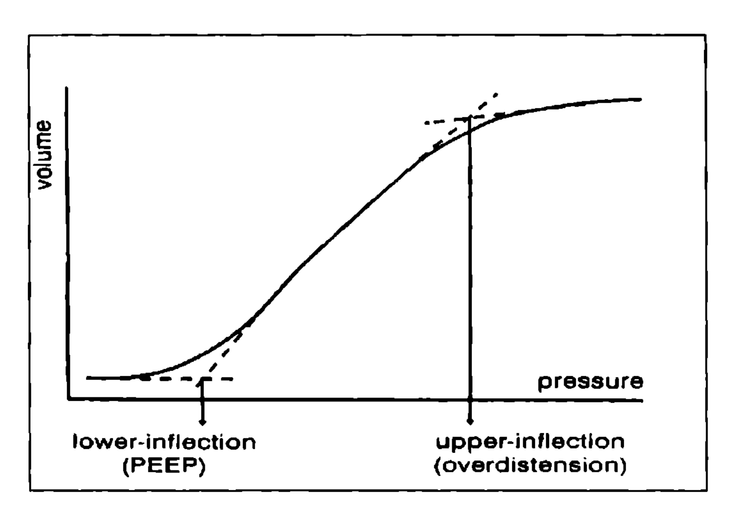
في البداية يجب أن نوضح فكرة هامة وهي أن مصطلح الضغط الإيجابي في نهاية الزفير PEEP يعبر عن الضغط الإيجابي المطبق طوال مراحل الدورة التنفسية على الطرق الهوائية (خلال الشهيق والزفير)، وبالتالي فالمصطلح الأكثر دقة هو الضغط الإيجابي المستمر في الطرق الهوائية CPAP والفارق الوحيد بينهما هو أن PEEP يطبق أثناء التهوية الآلية بينما يمكن تطبيق CPAP عند المرضى الذين يتنفسون عفويا دون الحاجة للمنفسة، بينما يكون لهما نفس الإستطبابات والأهداف والمحاذير.

يعني تطبيق PEEP جعل ضغط الطرق الهوائية أعلى من الضغط الجوي أثناء الزفير، يتم ذلك من خلال منع الإنفراغ الكامل للرئة في نهاية الزفير وبالتالي الإبقاء على الأسناخ مفتوحة خلال الزفير. نشرح ذلك في ما يأتي بشيء من التفصيل.

مخطط المطاوعة الرئوية:

تعبر علاقة حجم - ضغط خلال الدورة التنفسية عن تبدلات المطاوعة الرئوية خلال مراحل الدورة التنفسية، حيث لا تكون العلاقة خطية تماما. في البداية عند بدء نفخ الرئة (من الحجم صفر) تكون المطاوعة الرئوية منخفضة، حيث نضطر لتطبيق ضغط كبير نسبيا لتحقيق حجم ما، بعد ذلك نصل للحظة معينة تتحسن عندها المطاوعة بشكل كبير حيث يؤدي تطبيق ضغط أقل إلى زيادة الحجم بشكل أكبر من السابق. نصل بعد ذلك لمرحلة فرط تمدد الرئة، حيث تؤدي زيادة الضغط إلى زيادة قليلة في الحجم.

يشبه ذلك إلى حد كبير ما يحدث عند نفخ البالون العادي: في البداية نضطر لتطبيق ضغوط عالية مع زيادة قليلة نسبيا في الحجم، ثم يصبح الأمر فجأة أكثر سهولة (تحسن المطاوعة) ثم نصل لمرحلة فرط التمدد حيث يزداد الضغط بشدة لأدنى زيادة في الحجم.



الشكل (14): مخطط المطاوعة الرئوية.

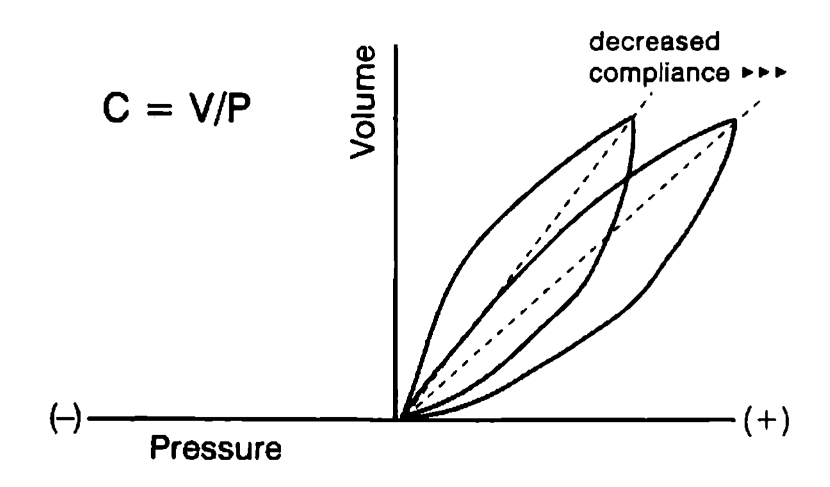
تدعى النقطة التي تزداد عندها المطاوعة الرئوية بشكل مفاجئ بـ **نقطة الإلتواء السفلية Lower Inflection Point (Pflex)**، كما تدعى النقطة التي تنخفض عندها المطاوعة بشكل مفاجئ عند حدوث فرط التمدد بـ **نقطة الإلتواء العلوية Upper Inflection Point (Pmax)**. إن المنطقة المفضلة لتهوية الرئة هي تلك الواقعة بين **Pflex** و**Pmax** حيث تكون المطاوعة الرئوية جيدة.

يجب تذكر نقطة هامة وهي أن تطبيق ضغط متزايد على سنخ مغلق سيؤدي إلى انفتاحه عند قيمة ضغط معينة تدعى **ضغط الإنفتاح Opening Pressure**. يؤدي تخفيض الضغط عن السنخ المفتوح إلى انغلاق السنخ عند قيمة ضغط أخرى تدعى **ضغط الإغلاق Closing Pressure**. يمكن تلخيص عملنا في هذا المجال بأننا نطبق ضغطا أعلى من ضغط الإنفتاح وذلك لحشد وتجنيد الأسناخ المغلقة وفتحها ومن ثم نطبق ضغطا أعلى بقليل من ضغط الإغلاق (PEEP) وذلك للإبقاء عليها مفتوحة طوال الدورة التنفسية.

فشل التواقت، الزيوغ Hysteresis:

إذا استعرضنا مخطط المطاوعة الرئوية خلال الشهيق والزفير نجد أنه عند قيمة ضغط معينة يكون الحجم الهوائي في الرئة أثناء الزفير أعلى منه أثناء الشهيق من أجل نفس قيمة الضغط المطبق.

يعود ذلك إلى الزيوغ أو فشل التواقت Hysteresis، يعود ذلك إلى قوى عود ارتداد المرن للرئة Elasticity وخواص السورفاكتنت الذي يقلل التوتر السطحي الأسناخ مما ينقص من ميلها للإنفراغ. يؤدي ذلك إلى الإختلاف في مخطط المطاوعة بين الشهيق والزفير. نلاحظ من المخطط أن المجهود التنفسي يكون أكبر في بداية الشهيق (يكون مخطط المطاوعة منبسطاً).



الشكل (14): مخطط المطاوعة الرئوية، ظاهرة الزيوغ.

انخماص الطرق الهوائية:

ذكرنا أن تطبيق الـ PEEP يهدف إلى منع انخماص الأسناخ والطرق الهوائية الصغيرة، ولكن ما هي المشكلة التي تواجهنا عند حدوث الإنخماص؟

إن إنخماص الأسناخ والطرق الهوائية يؤدي إلى:

- **خلل تهوية - تروية**: يحدث ذلك أثناء الزفير حيث تتعرض الأسناخ الرئوية للإنخماص ويعتبر ذلك سببا هاما لنقص الأكسجة وفرط الكاربامية.
- **زيادة المجهود التنفسي**: بسبب انخفاض المطاوعة الرئوية عند الأحجام المنخفضة للرئة (تذكر المراحل الأولى لنفخ البالون).
- **أذية الرض الإنخماصي Atelectotrauma**: يؤدي الإنفتاح والإنغلاق الطوري الشهيقي الزفيري للأسناخ إلى إحداث قوى شد Shear Stress على الأسناخ المجاورة وإطلاق الوسائط الإلتهابية.

إن تطبيق ضغط إيجابي زفيري PEEP سوف يمنع انخماص الأسناخ وبالتالي فإنه يحسن الأكسجة والمطاوعة الرئوية ويقلل المجهود التنفسي ويحمي الرئة من الأذية .

حجم الإغلاق CV والسعة الوظيفية الباقية FRC:

ذكرنا أن السعة الوظيفية الباقية هي الحجم الهوائي الباقي في الرئة بعد زفير عفوي، كما أن حجم الإغلاق هو الحجم الذي يبدأ عنده انخماص الطرق الهوائية الديناميكي ويعادل في الحالات الطبيعية الحجم الباقي RV. يزداد حجم الإغلاق بتقدم العمر وعند المدخنين وفي الحالات المرضية وحسب وضعية الجسم (الإستلقاء)، حيث قد يحدث انخماص الطرق الهوائية عند بعض مرضى COPD في نهاية الزفير العفوي (يكون حجم الإغلاق هنا معادلاً السعة الوظيفية الباقية)، يؤدي ذلك إلى زيادة المجهود التنفسي بشكل كبير.

إن أي حالـة مرضـية تـؤدي إلى انخفـاض الحجـوم الرئويـةFRC أو مطاوعـة جـدار الصدر أو زيادة حجم الإغلاق سوف تؤدي إلى انخفاض الإحتياطي الفيزيولوجي من الأكسجين، يعد التنبيب الرغامي السبب الأشيع لذلك.

إن مقدار PEEP = 3-5cm H2O يعد كافيا لدى معظم حالات التنبيب الرغامي لتغلب على نقص السعة الوظيفية الباقية المشاهد عند التنبيب.

آلية التأثير:

إن تطبيق الـ PEEP يؤدي إلى زيادة الضغط في الأسناخ أثناء الزفير (يزداد MAP أيضا (وبالتالي زيادة الحجم السنخي(FRC)، يؤدي ذلك إلى زيادة سطح التبادل التنفسي وهذا يقلل من خلل التهوية - التروية لدى المريض أي يقلل من المقادير المطلوبة من الأكسجين (يقلل FiO2) لتحقيق إشباع دموي كافي من الأكسجين.

كما يؤدي تطبيق الـ PEEP إلى تثبيت جدار الصدر وأيضا يحسن أداء البطين الأيسر بتقليله للحمل القبلي والبعدي.

يحتاج المريض عادة إلى مقدار مناسب من الـ PEEP يمنع عود انخماص الأسناخ derecruitment، ولكن يجب ألا يزيد ذلك إلى الحد الذي يسبب فرط تمدد الأسناخ وزيادة الحيز الميت وتقليل العود الوريدي للقلب وبالتالي هبوط الضغط، إن مستوى PEEP<10cmH2O عادة لا يسبب مشكلة هيموديناميكية للمريض ما لم يكن هناك نقص في الحجم الدوراني لديه.

إن تطبيق الـ PEEP يؤدي إلى استعادة FRC ومنع انخماص الأسناخ ، كما أنه يؤدي إلى إعادة توزع السوائل من داخل الأسناخ إلى المسافة الخلالية حول الأوعية (يحتاج ذلك إلى وقت أطول).

يستطب تطبيق الـPEEP في حال عدم القدرة على تحقيق الأكسجة بمقادير آمنة من الأكسجين (SaO2<90% مع FiO2>60%) .

نظريا يجب أن يكون مستوى الـPEEP أعلى بقليل من نقطة Pflex على مخطط المطاوعة ولكن تحديد هذه النقطة صعب من الناحية العملية. في مرضى ARDS يمكن البدء بقيم عالية للـ PEEP تسمح ببقاء الأسناخ مفتوحة، يتم تقليلها تدريجيا حتى الوصول لأقل قيمة تسمح ببقاء (SaO2>90% مع FiO2<50%). إن قيمة الـ PEEP المثالية هي تلك التي تمنع انخماص معظم الأسناخ الرئوية.

يعتمد مقدار الـPEEP المطلوب على المطاوعة الكلية (جدار الصدر والرئة) وبالتالي فإن انخفاض مطاوعة جدار الصدر (بدانة شديدة مثلا) يتطلب زيادة مقدار الـ PEEP اللازم لاستعادة FRC رغم كون مطاوعة النسيج الرئوي جيدة .

محاسن استخدام الـ PEEP:

- الحفاظ على انفتاح الأسناخ.
- استعادةFRC ومنع الإنخماص الزفيري.
- تحسين الأكسجة والمطاوعة الرئوية.
- تقليل المجهود التنفسي (خاصة عند وجود Auto PEEP).
- تقليل أذية الرئة بالرض الإنخماصي Atelectetrauma.

مساوئ استخدام الـPEEP (المقادير المرتفعة):

- تقليل النتاج القلبي.
- زيادة خطورة الرض الضغطي.
- زيادة الضغط ضمن القحف.
- تقليل الجريان الكلوي.
- حدوث خطأ في قياس ضغوط القلب الأيمن.
- زيادة الحيز الميت (بسبب فرط تمدد الأسناخ وانضغاط الشعريات الدموية).
- زيادة المجهود التنفسي (عند الوصول لحالة فرط التمدد حيث يكون مخطط المطاوعة منبسطاً).

بالنسبة لضغوط البطين الأيمن (CVP) يعتمد مقدار الـPEEP المؤثر في نتيجة القياس على مطاوعة النسيج الرئوي وقدرته على نقل الضغط، بحيث يتم حذف جزء من الـPEEP لتصحيح قيمة CVP عند مرضى المنفسة. يبلغ هذا المقدار المحذوف 1/2PEEP إذا كانت مطاوعة الرئة جيدة، ويبلغ 1/4PEEP إذا كانت المطاوعة متدهورة.

يؤدي السحب المفاجئ الـPEEP إلى انخماص الطرق الهوائية وعود السوائل السريع إلى البطين الأيمن (خطورة قصور قلب أيمن حاد)، لذا يجب أن يتم سحبه تدريجيا (تقليله تدريجيا بمعدل 5-3 كل 15 دقيقة مثلا) إذا كان PEEP>10.

الحالات السريرية الأشيع التي تتطلب استخدام الـPEEP:

- **مرضى COPD**: وذلك لمعاكسة تأثير Auto PEEP (يشرح ذلك لاحقاً).
- **أذية الرئة الحادة (ARDS,ALI)**: وذلك لتحسين الأكسجة وتقليل الجهد التنفسي.
- **وذمة الرئة قلبية المنشأ**: وذلك لتحسين الأكسجة وتقليل الحمل القبلي والبعدي.

كما يستعمل الـPEEP في حالات المصراع الصدري (لتثبيت جدار الصدر) وتلين الرغامى للحفاظ على انفتاح الطرق الهوائية أثناء الزفير.

مضادات الإستطباب:

- **إصابة رئة وحيدة الجهة**: لأن تطبيق الـPEEP يؤدي إلى تحول التهوية إلى المناطق قليلة التروية (بسبب نقص الأكسجة) كما يؤدي إلى فرط تمدد الأسناخ السليمة.
- الناسور القصبي الجنبي.
- نقص الحجم الدوراني.
- ارتفاع الضغط ضمن القحف.

تعد معظم هذه الحالات مضادات استطباب نسبية تعتمد على الحالة السريرية للمريض.

الضغط الإيجابي الذاتي في نهاية الزفير Auto PEEP:

هو هواء محتبس في الأسناخ عند نهاية الزفير، يحدث نتيجة نقص الزمن الكافي لانفراغ الأسناخ، زيادة الحجم الجاري، تحدد الجريان الزفيري (حيث يزداد ثابت الزمن T = C*R). لا يكون هذا الهواء في حالة توازن مع الضغط الجوي بل يبدي ضغطاً إيجابياً أعلى من الضغط الجوي.

يشاهد ذلك عادة عند مرضى اصابات الطرق الهوائية المزمنة (COPD)، حيث يكون هناك تشنج قصبي يؤدي إلى إعاقة الجريان الشهيقي والزفيري ولكن ذلك الأثر يظهر أكثر أثناء الزفير خاصة عند نقص زمن للإفراغ (Te). يمكن أن يحدث نفس الشيء عند وجود سدادات مخاطية أو عند زيادة حجم الإغلاق.

المشكلة أن هذا الهواء يبدي ضغطا إيجابيا أعلى من الضغط الجوي، ولكي يدخل الهواء إلى الرئة لا بد من مدروج ضغطي بين مستوى الفم والأسناخ. بوجود الـ Auto PEEP يتوجب على المريض توليد ضغط سلبي أعلى لفتح الطرق الهوائية وخلق المدروج اللازم لدخول الهواء.

عند حدوث الـ AutoPEEP على جهاز التهوية الآلية يزداد المجهود التنفسي للمريض حيث يتوجب عليه التغلب على عتبة الحساسية المحددة إضافة إلى الـ Auto PEEP المتشكل ضمن الأسناخ ليستطيع تحسيس المنفسة. مثال إذا كانت عتبة الحساسية 2 والـ Auto PEEP صفرا يكون على المريض بذل جهد تنفسي يعادل 2 ليستطيع تحسيس المنفسة. بينما إذا كانت عتبة الحساسية 2 والـ Auto PEEP يعادل 5، يتوجب على المريض بذل جهد تنفسي يعادل 2+5=7 ليستطيع تحسيس المنفسة.

كما يسبب الـ AutoPEEP نفس تأثيرات الـ PEEPحيث يعيق العود الوريدي وربما يسبب وهطا دورانياً.

يؤدي تطور الـ Auto PEEP في التهوية مضبوطة الحجم إلى زيادة الضغوط المسجلة ضمن الطرق الهوائية دون تغير في الحجم المقدم، بينما يؤدي ذلك في إلى التهوية مضبوطة الضغط إلى انخفاض الحجم الجاري المقدم دون تغير في الضغوط.

يمكن معرفة مقدار الـAuto PEEP المتشكل من خلال إجراء فترة توقف زفيري على المنفسة التي تقوم بحساب الـPEEP الكلي لدى المريض ويكون مقدار الـ Auto PEEP هو الفرق بين الـPEEP الكلي المقاس والـPEEP المحدد من قبلنا في الإعدادات.

مشاكل الـ Auto PEEP:

- زيادة المجهود التنفسي.
- الرض الضغطي.
- التأثيرات الدورانية السلبية (إعاقة العود الوريدي).

تدبير الـ Auto PEEP:

- **زيادة زمن الزفير:** تقليل معدل الحركات التنفسية، تقليل زمن الشهيق (زيادة معدل الجريان)، تقليل الحجم الجاري.
- **تقليل متطلبات التهوية:** تقليل إعطاء الكربوهيدرات، تقليل الحيز الميت، تدبير القلق والألم والحمى والعرواءات.
- **تدبير إعاقة الجريان:** استعمال أنابيب رغامية بقطر مناسب، سحب المفرزات المتكرر، تطبيق الموسعات القصبية.
- **تطبيق PEEP خارجي:** عند مرضى COPD.

يؤدي تطبيق الـPEEP الخارجي إلى تقليل الفرق بين ضغط الطرق الهوائية وضغط الأسناخ الناتج عن وجود الـ Auto PEEP وبالتالي يكون المجهود التنفسي أقل لبدء الحركات التنفسية، يطبق الـPEEP الخارجي بمقدار يعادل 80 % من مقدار الـAuto PEEP الموجود.

بالنسبة للمرضى الذين يعانون من صعوبة في تحسيس المنفسة يمكن زيادة مقدار الـPEEP المطبق تدريجيا حتى غياب علامات الإنزعاج التنفسي distress عند المريض وغياب الزلة التنفسية وتزامنه الجيد مع المنفسة وذلك مع مراقبة الحجم الجاري

والضغوط المسجلة ضمن الطرق الهوائية. إن عدم إرتفاع الضغوط أثناء زيادة الـPEEP المطبق دليل على صحة الإجراء.

إن تطبيق الـPEEP يعاكس فقط تأثيرات الـ Auto PEEP الناتج عن تحدد الجريان وليس بقية الحالات كزيادة الحجم الجاري أو نقص زمن الزفير مثلاً.

مناورة تجنيد الأسناخ Recruitment Maneuver:

يقصد بهذه المناورة إعادة فتح الأسناخ المنخمصة (أو المنخمصة جزئياً) ومن ثم المحافظة عليها ومنع انغلاقها derecruitment من خلال تطبيق الـPEEP.

إن تطبيق الـPEEP وحده يمنع انغلاق الأسناخ derecruitment ولكنه لا يسبب فتح الأسناخ المنخمصة. في الماضي عندما كنا نستخدم حجوما عالية للتهوية (10-15ml/kg) كانت معظم الأسناخ تشارك في التهوية، ولكن عندما تم تعديل ذلك إلى الحجوم المنخفضة (5-10 ml/kg) فإن العديد من الأسناخ المتكثفة لا تشارك في التهوية. في كل مرة يتم فصل المريض عن المنفسة (لسحب المفرزات أو نقل المريض مثلا) يحدث انخماص للعديد من الوحدات السنخية، ولا تؤدي إعادة المريض إلى المنفسة إلى انفتاح هذه الأسناخ. هنا تكون مناورة التجنيد Recruitment ضرورية.

إن تطبيق ضغط عال (أعلى من ضغط الانفتاح) طويل الأمد لفترات متقطعة ومن ثم تطبيق ضغط أقل (أعلى من ضغط الإغلاق) سيفي بالغرض.

هناك عاملين يؤثران على نجاح مناورة التجنيد: الأول أن الضغط الذي يجب أن يطبق يجب أن يكون أعلى من ضغط الصفحة Pplat، والثاني أنه يجب أن يطبق لفترة زمنية كافية وذلك للسماح بفتح الأسناخ التي لها ثابت زمني مرتفع (T = R*C).

إن الطريقة الأكثر فعالية لتحقيق ذلك هي بتطبيق الـPEEP بمقدار أعلى من ضغط الصفحة بـ 10cmH2O لمدة 30-60 ثانية، ومن ثم العودة إلى إعدادات المنفسة الأصلية.

إن نجاح مناورة التجنيد سيؤدي إلى تحسين الأكسجة وتحسين المطاوعة الرئوية.

يجب تجنب اجراء هذه المناورة في عدة حالات سريرية منها: التشنج القصبي، النفاخ الرئوي مع فقاعات رئوية، رضوض الرأس وارتفاع الضغط ضمن القحف، عدم الثبات الهيموديناميكي، الريح الصدرية غير المعالجة.

طريقة الإجراء:

- تأكد من الحالة الهيموديناميكية.
- زد مقدار الأكسجة: FiO2 = 100%.
- انتظر 10 دقائق.
- ابدأ بتطبيق PEEP بقيمة 30 لمدة 30-40 ثا، انتظر 10-15 دقيقة.

عدم الإستجابة:

- تطبيق PEEP بقيمة 35 لمدة 30-40 ثا، انتظر 10-15 دقيقة.

عدم الإستجابة:

- تطبيق PEEP بقيمة 40 لمدة 30-40 ثا، انتظر 10-15 دقيقة.

التهوية بنظام الدعم الضغطي

Pressure Support Ventilation

إن طريقة الدعم الضغطي P.S.V في التهوية هي طريقة لدعم الحركات التنفسية العفوية عند مرضى التهوية الآلية (تكون جميع الحركات عفوية). يمكن استعماله كنظام جزئي (بالترافق مع SIMV) أو كنظام مستقل. يتحكم المريض هنا بتواتر التنفس وبكافة أجزاء الحركة التنفسية (البدء، زمن الشهيق، الحجم الجاري بالتعاون مع المنفسة).

عندما يحسس المريض المنفسة (Trigger) تبدأ المنفسة بتقديم تيار هوائي في الطرق الهوائية حتى وصول الضغط فيها إلى قيمة محددة سلفا (Pressure-limited) يضعها المستخدم، ويعتمد مقداره على حجم التهوية المطلوب بالدقيقة MV، عند وصول سرعة الجريان في الطرق الهوائية إلى 25% من قيمة الجريان الشهيقي القمي، يتوقف جريان الهواء وتتحول المنفسة إلى الزفير (Flow-cycled). يختلف الحجم الجاري المقدم من حركة لأخرى كما في التنفس الطبيعي تماماً.

وبالتالي فعند وضع المريض على نظام P.S يجب ضبط المتغيرات التالية:

- **قيمة P.S**: قيمة الضغط اللازم تطبيقه لدعم الحركات العفوية وتتعلق قيمته بالحجم الجاري الناتج ومعدل الحركات التنفسية (MV)، وتتروح من (5-30cm H2O).
- **FiO2**.
- **Trigger Sensetivity**.
- **PEEP**.

لاحظ أن المريض يحدد الحجم الجاري (بالتعاون مع المنفسة) ويحدد معدل الحركات التنفسية وزمن الشهيق.

إن الهدف من تطبيق الـPEEP لمرضى التهوية الآلية هو استعادة FRC إلى قيمته الطبيعية وذلك لتخفيف العبء التنفسي في بداية الشهيق. عندما تفقد الرئة مطاوعتها يتطلب ذلك مدروجا ضغطيا أعلى لتحقيق الحجم الجاري المطلوب وذلك حتى باستعمال الـPEEP (يقدم الـ PEEP دعما زفيريا وفي بداية الشهيق فقط)، هنا يمكن تطبيق ضغط شهيقي إيجابي خارجي يزيد من قيمة مدروج الضغط المتولد وبالتالي الحجم الجاري الناتج (دعم ضغطي شهيقي). إن وجود الأنبوب الرغامي (عند مرضى التهوية الآلية) يزيد من مقاومة الطرق الهوائية وبالتالي المجهود التنفسي، فإذا أضفنا إلى ذلك نقص المطاوعة الرئوية، يصبح المجهود التنفسي عاليا جداً. يكون دور الـPEEP هو تخفيف العبء التنفسي في بدء الشهيق أما دور P.S فيكون تخفيف المجهود التنفسي خلال بقية الشهيق.

إن قيمة P.S التي توضع على جهاز التهوية عبارة عن قيمة الضغط المطبق أعلى من مستوى الـPEEP. وهكذا إذا كان PEEP=5 وكان P.S= 10 فما هي قيمة Pplat ؟ إن قيمة Pplat = 10+5 =15 .

يمكن استخدام نظام P.S بالمشاركة مع نظام SIMV حيث يقوم بدعم الحركات العفوية. تعد تلك الطريقة(SIMV+P.S) طريقة مقبولة للفطام حيث نقوم بتقليل الحركات الإجبارية تدريجيا مع تحسن الجهد التنفسي للمريض حتى الوصول لتنفس عفوي كامل، يتم بعد ذلك تخفيف قيمة P.S تدريجيا حتى الوصول لقيم منخفضة (10-5) تكفي للتغلب على مقاومة الدارة والأنبوب الرغامي.

إن المنفسة في هذا النظام تقدم حركة تنفسية للمريض فقط عند قيامه بجهد تنفسي مناسب، لذا يجب وضع نظام إنذار مناسب لانقطاع التنفس Apnea على المنفسة. من عيوب هذا النظام هو عدم ضمانه للحجم الجاري وحجم التهوية بالدقيقة (تتغير تبعا لحالة الرئة).

نقاط إضافية:

ذكرنا سابقا أن هذا النظام هو Flow-cycled ولكن يمكن أن يكون Pressure- cycled أو Time –cycled حسب الضرورة.

إذا قام المريض بزفير فاعل في أحد مراحل الشهيق(قبل انخفاض نسبة الجريان إلى 25% من قيمة الجريان الشهيقي القمي) يرتفع الضغط ضمن الطرق الهوائية وتتحول المنفسة للزفير Pressure- cycled .

في حال وجود تسريب ما في الطرق الهوائية (ناسور) أو في دارة المنفسة، قد لا تستطيع المنفسة التحول للزفير بسبب عدم انخفاض معدل الجريان بسبب التسريب المستمر، هنا يمكن للمنفسة أن تتحول إلى الزفير بالاعتماد على ثابت الزمن – Time cycled، عادة يكون T = 3-5 sec. إن ازدياد زمن الشهيق > 1.5sec في نظام P.S يجب أن ينبهنا إلى وجود تسريب ما.

في بعض المنفسات الحديثة يمكن تغيير خواص موجة الجريان تبعا لاحتياجات المريض ، ولكن ذلك غير ضروري لدى معظم المرضى. ذكرنا أن المنفسة تتحول من الشهيق للزفير عند وصول معدل الجريان إلى قيمة محددة سلفا تعادل 5L/min أو 25% من قيمة الجريان القمي الشهيقي.

يمكن تغيير هذه النسبة(تدعى Esens) في بعض المنفسات بحيث إذا وضعت النسبة عالية >25% (تحول أبكر للطور الزفيري) ينخفض زمن الشهيق ويزداد زمن الزفير (يفضل ذلك في أمراض الطرق الهوائية). بينما إذا كانت النسبة منخفضة (تحول متأخر للزفير) يزداد زمن الشهيق حيث يفضل ذلك في إصابات البرانشيم الرئوي.

زمن الإرتفاع Rise Time (تسارع الجريان Flow Accel) يعبر عن معدل ارتفاع الضغط ضمن المنفسة في الطور الشهيقي. إنه الزمن اللازم لوصول الضغط ضمن الطرق الهوائية إلى قيمته العظمى المحددة سلفا. إن زيادة زمن الإرتفاع يؤدي إلى زيادة معدل الجريان في بداية الشهيق والذي قد يكون مفيدا عند المرضى ذوي المتطلبات العالية من التهوية. يزداد معدل الجريان الشهيقي البدئي عند زيادة زمن الإرتفاع وعند زيادة قيمة P.S.

التهوية مضبوطة الضغط

Pressure Control Ventilation

يجب أن نذكر في البداية أن تعبير التهوية مضبوطة الضغط يشير إلى طريقة تقديم التيار الهوائي، إنها ليست نظام تهوية بحد ذاته. يمكن أن يعتمد نظام التهوية على طريقة ضبط الضغط (و ليس ضبط الحجم V.C) لتقديم التيار الهوائي وبالتالي فهناك ثلاث أنظمة ممكنة للتهوية بضبط الضغط: (CMV,A/C,SIMV). ولكن عادة عند ذكرنا التهوية مضبوطة الضغط فإننا نقصد نظام A/C (Pressure Assist/Control).

في هذا النظام نقوم بتحديد قيمة الضغط الشهيقي الأعظمي(Inspiratory Pressure) الذي سنطبقه على الطرق الهوائية (pressure-limited). يكون الحجم الجاري الناتج متبدلا من حركة لأخرى.

عند بدء الحركة (إجبارية من قبل المنفسة أو مساعدة assisted يبدؤها المريض) تبدأ المنفسة بتقديم تيار هوائي للمريض، يزداد الضغط في الطرق الهوائية حتى الوصول إلى قيمة عظمى يحددها المستخدم IP، مع ازدياد الحجم المقدم يزداد الضغط ضمن الأسناخ فتنخفض قيمة المدروج الضغطي بين الفم والأسناخ وتتباطئ سرعة جريان الهواء. بعد الوصول لقيمة الضغط الشهيقي، يستمر الجريان حتى انقضاء فترة زمنية يحددها المستخدم تدعى زمن الشهيق Ti تتحول المنفسة بعدها للزفير (Time-cycled).

يكون شكل موجة الجريان تهابطيا decelerating دوما في هذا النظام، حيث يبدأ الجريان بسرعة عظمى ثم تنخفض تدريجياً، في حالات انخفاض المطاوعة الرئوية(ARDS) تنخفض سرعة الجريان سريعاً، بينما في حالات زيادة المقاومة (COPD) تنخفض سرعة الجريان ببطء. يقدم معظم الحجم الجاري عند بدء الشهيق.

إن زيادة زمن الشهيق ستؤدي إلى زيادة مدة الضغط المطبق على الطرق الهوائية وبالتالي زيادة ضغط الطرق الهوائية الوسطي MAP.

إن المشاركة بين موجة جريان تهابطي وضغط ثابت طيلة الشهيق يجعل تهوية المناطق المتصلدة من الرئة أكثر تجانساً، مع انتشار أفضل للهواء في الأسناخ الرئوية (خاصة في حالة الإصابة غير المتجانسة للبرانشيم الرئوي كما في الـARDS)، كما تكون طريقة التهوية مضبوطة الضغط P.C أفضل في الحالات التي لا يمكن تطبيق ضغط كبير على الرئة فيها مثال: الأطفال (أقل من 12 سنة) والناسور القصبي الجنبي.

إن من أهم ميزات هذا النظام هو أن سرعة الجريان العظمى غير محددة (عكس نظام التهوية مضبوطة الحجم V.C) حيث أن المريض إذا قام بجهد تنفسي فإنه سيزيد من سرعة الجريان الشهيقي القمي حسب حاجته (يحسن ذلك من تزامنه مع المنفسة). كما يتميز هذا النظام بالقدرة على التحكم في ضغط الطرق الهوائية (يعبر الضغط الشهيقي المطبق IP هنا عن ضغط الصفحة Pplat فهو الضغط المطبق على الأسناخ طوال الشهيق) وبالتالي يمكن الإقلال من أذية الرض الضغطي.

من مساوئ هذا النظام أن الحجم الجاري متبدل وغير محدد، بل يتعلق بقيمة الضغط المطبق وزمن الشهيق وحالة الرئة الميكانيكية (المطاوعة والمقاومة) وذلك يتطلب مراقبة أكبر للمريض من قبل فريق العناية. إن تطور نقص حاد في المطاوعة الرئوية سيؤدي إلى انخفاض في الحجم الجاري المقدم وبالتالي نقص التهوية والأكسجة عند المريض.

إن تطور احتباس هوائي AutoPEEP عند المريض الموضوع على نظام P.C سيؤدي إلى انخفاض في قيمة المدروج الضغطي حسب شدة ارتفاع الـAutoPEEP وبالتالي انخفاض الحجم الجاري المقدم ونقص التهوية (في نظام V.C تزداد الضغوط المتشكلة ويبقى الحجم الجاري ثابتاً).

المتغيرات في نظام Pressure A/C:

- FiO2.
- PEEP.
- Trigger.
- Rate.
- IP الضغط الشهيقي: تتحدد قيمته حسب الحجم الجاري الناتج حيث يكون الهدف الحصول على حجم جاري مناسب. في حالات أذية البرانشيم الرئوي يكون Vt المطلوب 4-6ml/kg، تعدل قيمة IP حتى الوصول إلى الحجم المطلوب.
- Ti زمن الشهيق: يوضع عادة 1 ثا (0.7-1.5 ثا). يمكن زيادته في حالات عدة منها عدم القدرة على تحقيق الحجم الجاري المطلوب ونقص الأكسجة لدى المريض رغم كون IP(Pplat)>30mmHg (إن زيادة Ti تؤدي إلى زيادة MAP).

بعض المنفسات الحديثة تسمح بضبط زمن الإرتفاع Rise Time:

- زمن الإرتفاع Rise Time: يعبر عن معدل ارتفاع الضغط ضمن المنفسة في الطور الشهيقي. إنه الزمن اللازم لوصول الضغط ضمن الطرق الهوائية إلى قيمته العظمى المحددة سلفاً. إن زيادة زمن الإرتفاع يؤدي إلى زيادة معدل الجريان في بداية الشهيق والذي قد يكون مفيداً عند المرضى ذوي المتطلبات العالية من التهوية.

إن الإعتقاد بأن أذية الرئة المحدثة بالمنفسة ستكون أقل بالاعتماد على نظام P.C مقارنة بنظام V.C يرتكز على قدرتنا على ضبط الضغط في الطرق الهوائية واستعمال حجوم منخفضة في هذا النظام، ولكن لا يوجد إثبات قوي يدعم هذا الإفتراض، حيث أننا نستطيع تحقيق معظم مزايا هذا النظام بالضبط الحكيم للمتغيرات في نظام V.C.

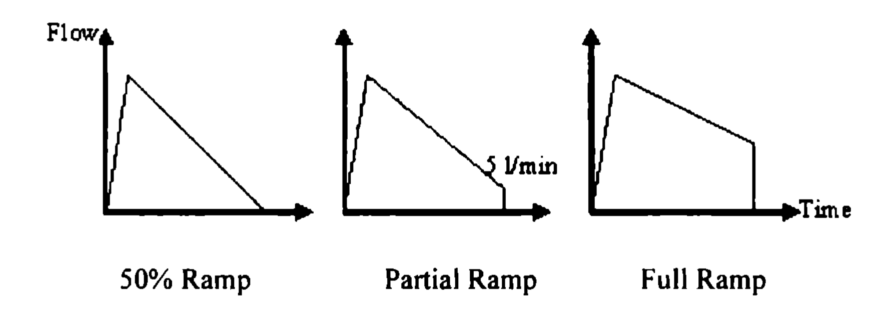
موجة الجريان وزمن الشهيق:

ذكرنا أن شكل موجة الجريان في هذا النظام تهابطية decelerating وبما أن التحول إلى الزفير يحدث عند انقضاء زمن الشهيق Ti (Time-cycled) فهل تصل سرعة الجريان الهوائي إلى الصفر عند نهاية الشهيق في نظام P.C؟

في الواقع تتحدد قيمة الجريان الشهيقي القمي بالإعتماد على الضغط الشهيقي IP ومقاومة الطرق الهوائية وثابت الزمن (T = R*C). تكون سرعة الجريان أعظمية في البدء حيث يقدم معظم الحجم الجاري للمريض في بدء الشهيق (أكثر راحة للمريض)، ثم يتباطئ الجريان تدريجيا حتى انتهاء زمن الشهيق والتحول إلى الزفير. قد لا يكون زمن الشهيق معادلا الزمن اللازم لتوقف الجريان تماماً (تتحول المنفسة إلى الزفير عند سرعات جريان منخفضة لكنها لا تساوي الصفر).

إن زيادة زمن الشهيق Ti تؤدي إلى زيادة الحجم الجاري فقط إذا كان الجريان لا ينعدم عند انقضاء زمن الشهيق السابق، حيث أن الحجم الجاري لن يزيد أبدا عند توقف الجريان مهما زدنا من زمن الشهيق.

يبين المخطط التالي الملاحظة السابقة، نلاحظ أنه في المخطط الأول ينعدم الجريان عند نهاية زمن الشهيق، بينما لا يحدث ذلك في المخططين التاليين:



الشكل (14): تأثير زيادة زمن الشهيق على الحجم الجاري في نظام P.C.

إن زيادة Ti ستؤدي إلى زيادة الحجم الجاري المقدم في الحالة الثانية والثالثة ولكن لن يحدث زيادة في الحجم الجاري في الحالة الأولى مهما زدنا من زمن الشهيق.

مقارنة بين نظامي التهوية P.C وV.C:

الجدول 4: مقارنة بين P.C وV.C.

	P.C	V.C
Backup Rate	ثابت	ثابت
Vt	متبدل	ثابت
PIP	ثابت	متبدل
Ti	ثابت	ثابت
Peak Flow rate	متبدل	ثابت *
Flow pattern	تهابطي	ثابت أو تهابطي

* ملاحظة يتم تثبيت زمن الشهيق في نظام التهوية مضبوطة الحجم بشكل غير مباشر غالباً، لمعرفة المزيد راجع الصفحة 63..

نظام Pressure Assist Ventilation:

يشابه نظام P.S باستثناء أن زمن الشهيق محدد هنا. وهو نظام تهوية مضبوطة الضغط لكن دون تحديد معدل ثابت إجباري للحركات التنفسية. يتلقى المريض حركات مساعدة Assisted مضبوطة الضغط، مع زمن شهيق ثابت (تحدد قيمة IP وTi من قبل المستخدم). يحدد المريض معدل الحركات التنفسية وسرعة الجريان حسب رغبته.

يستخدم هذا النظام للفطام عن P A/C ويمتاز بتحديد زمن الشهيق حيث نتجنب فرط التهوية المشاهد أحيانا في نظام Pressure Support .

أنظمة التهوية الآلية غير التقليدية

مقدمة:

خلال نصف قرن منذ بدء التهوية الآلية بالضغط الإيجابي ظهر حوالي 15 نظاما مختلفا في التهوية، كل منها يهدف إلى تحسين التبادل الغازي ومنع إختلاطات التهوية وتقليل المجهود التنفسي للمريض خلال التهوية الآلية. لقد أخفقت معظم هذه الأنظمة في جعل التهوية الآلية أكثر أمانا وفعالية للمرضى، إن الذي قدمته في الحقيقة هو أنها جعلت التهوية الآلية أكثر تعقيداً مما هي عليه حقيقة.

في كل جيل حديث من المنفسات نجد هناك تطورات حديثة قياسا بالجيل الأسبق، وعلى الرغم من الدعاية الكبيرة لهذه الأنظمة الحديثة فإن الدور السريري لمعظمها يبقى غير مثبت. إن استعمال هذه الأنظمة يعتمد عادة على توافرها وعلى الإنحياز السريري للطبيب ومعرفته بالنظام أكثر من الإعتماد على البراهين بأنها أفضل من الأنظمة التقليدية.

خلال هذا البحث سنلقي الضوء على أشهر هذه الأنظمة وطريقة عملها:

- التهوية مقلوبة النسبة IRV.
- التهوية ثنائية الضبط Dual Control Ventilation.
- التهوية الإيجابية بتحرر ضغط الطرق الهوائية APRV.
- التهوية ثنائية المستوى Bilevel.

التهوية مقلوبة النسبة Inverse Ratio Ventilation:

تهدف هذه الطريقة إلى زيادة ضغط الطرق الهوائية الوسطي MAP من خلال زيادة زمن الشهيق Ti وبالتالي الحصول على نسبة مقلوبة للتهوية I:E لتصبح 1:1 أو 2:1....

يمكن لهذه الطريقة أن تحسن من الأكسجة بعدة آليات: تقليل نسبة الشنط وتحسين تطابق التهوية - التروية وتقليل تهوية الحيز الميت (تعود هذه التأثيرات إلى التجنيد recruitment الناتج عن زيادة MAP). على الرغم من ذلك فإن البراهين السريرية التي تثبت فائدة IRV عند مرضى ARDS قليلة.

تحتاج هذه الطريقة إلى تركين شديد للمريض وربما استعمال المرخيات العضلية بسبب عدم تحمل المريض لمعدلات الجريان الهوائي المنخفضة (ازدياد زمن الشهيق) وبالتالي عدم التزامن مع المنفسة.

يمكن تحقيق هذه النسبة في التهوية إما في نظام التهوية مضبوطة الحجم V.C أو التهوية مضبوطة الضغط P.C، مع تفضيل طريقة PCIRV من قبل البعض (يمكن الحصول على نفس التأثيرات بالضبط الجيد للمتغيرات في نظام V.C).

- **PCIRV**: يتم قلب النسبة I:E مباشرة حيث أن زمن الشهيق Ti يحدد مباشرة على المنفسة (راجع ص 82).
- **VCIRV**: يمكن قلب نسبة I:E من خلال إطالة زمن الشهيق بشكل مباشر أو غير مباشر (راجع ص 63).

في حال كون موجة الجريان تهابطية يمكن البدء بسرعة جريان تعادل 4 أضعاف MV، ثم يتم تخفيض هذه السرعة تدريجيا بحيث يتطاول زمن الشهيق حتى الوصول لنسبة I:E تعادل 1:1 أو أكثر.

عند استعمال موجة الجريان الثابت Constant يمكن تحقيق قلب النسبة بإضافة فترة توقف شهيقي Inspiratory Pause حيث نبدأ بزمن توقف قدره 0.2 ثا مع زيادته تدريجياً.

يفضل اللجوء إلى طريقة PCIRV عند فشل تحقيق الأكسجة المناسبة عند مرضى ARDS بالطرق التقليدية.

التهوية ثنائية الضبط Dual Control Ventilation:

تسمح هذه الأنظمة بالتحكم بالحجم الجاري وبالضغط المطبق على الطرق الهوائية، ولكن يجب الإنتباه هنا إلى أن المنفسة تستطيع التحكم بالحجم فقط أو بالضغط فقط في نفس الوقت وليس كليهما معا.

تصنف هذه الأنظمة إلى أنظمة ثنائية الضبط ضمن الحركة التنفسية الواحدة، وأنظمة ثنائية الضبط من حركة تنفسية لأخرى breath to breath، بالنسبة للنوع الثاني فالأمر أكثر بساطة: يتم تقديم حركة تنفسية تحت ضغط محدد(P.S أو P.C)، ويتم مقارنة الحجم الناتج مع الحجم المطلوب سلفا (يحدده المستخدم) فإذا كان اقل منه يتم زيادة مستوى الضغط (P.S أو P.C) في الحركة التنفسية التالية للحصول على الحجم المطلوب.

من الأنظمة التي تعمل بتقنية الضبط المزدوج ضمن الحركة الواحدة Pressure Augmentation ويتوافر على منفسات Bear 1000 ونظام Volume Assured Pressure Support ويتوافر على منفسات Bird8400Sti وTbird.

من الأنظمة ثنائية الضبط من حركة لأخرى التي تتوافق مع نظام P.C : PRVC على منفسات Servo300، Variable Pressure Control، Auto Flow.

من الأنظمة ثنائية الضبط من حركة لأخرى التي تتوافق مع نظام P.S: Volume Support (Servo300)، Variable Pressure Support.

:Pressure Augmentation

يستخدم هذا النظام مع A/C أو SIMV. يقوم المستخدم هنا بتحديد المتغيرات التالية: (Rate,PeakFlow,FiO2,Sens,) إضافة للضغط الشهيقي IP وقيمة الحجم الجاري الأدنى المقبول Vt.

لا يوجد معايير لتحديد قيمة IP ولكنه يجب أن يكون معادلا لقيمة ضغط الصفحة Pplat الذي يتم الحصول عليه بإجراء حركة تنفسية مضبوطة الحجم VC بالحجم الجاري المطلوب.

عند بدء الشهيق تحاول المنفسة أن تصل سريعا إلى قيمة IP المحددة، بعد ذلك تقيس الحجم الجاري الناتج وتقارنه بالحجم الجاري المطلوب، فإن كان مساويا له كانت الحركة حركة تنفسية مضبوطة الضغط PC. إذا كان الحجم الجاري الناتج أقل من الحجم المطلوب تتحول المنفسة إلى نظام VC بحيث يستمر الجريان الهوائي بمعدل ثابت حتى الوصول للحجم المطلوب.

هناك العديد من التفاصيل التقنية للتحول للزفير cycle كالزمن مثلا عند تطاول فترة الشهيق > 3 ثا (سوف لن نتعمق في هذه التفاصيل المعقدة) .

يعمل نظام **Volume Assured Pressure Support** بنفس الطريقة تماما ، لكن يختلف نظام VAPS بأنه يعمل فقط أثناء الحركات العفوية (مع نظام SIMV) وليس الإجبارية بينما يعمل هذا النظام خلال كلا النوعين من الحركات.

:Pressure Regulated Volume Control

يعمل هذا النظام بتقنية التهوية مضبوطة الضغط P.C مع تغيير قيمة الضغط الشهيقي IP من حركة لأخرى لضمان الحصول على الحجم الجاري المطلوب.

في هذا النظام تقوم المنفسة بإجراء حركة اختبارية في البدء حيث يستمر الجريان حتى وصول قيمة الضغط الشهيقي IP إلى 10mm Hg (أعلى من مستوى PEEP)، ثم تقيس الحجم الناتج وتحسب المطاوعة الرئوية (C = V / P). بالإعتماد على المطاوعة المحسوبة تحدد المنفسة مقدار الضغط اللازم لتقديم الحجم الجاري المرغوب. بعد ذلك تقدم المنفسة ثلاث حركات تنفسية مستخدمة 75% من قيمة الضغط اللازم للحصول على Vt المرغوب. لاحقاً تقوم المنفسة بحساب المطاوعة من حركة لأخرى وتعدل من

قيمة IP في الحركة التالية للحصول على Vt المرغوب بحيث يكون مستوى التغير في IP أقل من 3 ويتراوح من 0 أعلى من مستوى PEEP إلى مستوى اقل بـ 5 من الحد الأعلى للضغط المسموح به.

الإعدادات البدئية في نظام PRVC:

- .Rate
- الحجم الجاري المرغوب : Vt.
- الحدود العليا لضغط الشهيقي Upper Limit.
- زمن الشهيق Ti.
- .FiO2

من مساوئ هذا النظام أن الضغط المطبق يعتمد على الحجم إلجاري الناتج في الحركة التنفسية السابقة، فإذا قام المريض بجهد عفوي زائد بشكل عابر يزداد الحجم الجاري الناتج بشكل كبير، وبالتالي تقوم المنفسة بتخفيض الضغط المطبق في الحركة التالية بشكل موافق .. يؤدي ذلك إلى انخفاض الحجم الناتج بشكل كبير.

:Volume Support

يجمع هذا النظام بين خواص V.C وP.S. كل حركة تنفسية هنا يبدؤها المريض وتقوم المنفسة بضبط مستوى P.S في الحركة التالية لتحقيق الحجم الجاري المرغوب.

عند البدء يحدد المستخدم الحجم الجاري المطلوب Vt. يتم إجراء حركة إختبارية في البدء حيث يستمر الجريان حتى وصول قيمة ضغط الطرق الهوائية إلى 10mm Hg (أعلى من مستوى PEEP) ، ثم تقيس الحجم الناتج وتحسب المطاوعة الرئوية(C = V / P). بالاعتماد على المطاوعة المحسوبة تحدد المنفسة مقدار الدعم الضغطي اللازم لتقديم الحجم الجاري المرغوب. بعد ذلك تقدم المنفسة ثلاث حركات تنفسية مستخدمة 75% من قيمة الضغط اللازم للحصول على Vt المرغوب. لاحقا تقوم المنفسة

بحساب المطاوعة من حركة لأخرى وتعدل من قيمة P.S في الحركة التالية للحصول على Vt المرغوب بحيث يكون مستوى التغير في P.S أقل من 3 ويتراوح من 0 أعلى من مستوى PEEP إلى مستوى أقل بـ 5 من الحد الأعلى للضغط المسموح به.

إن نظام V.S هو نظام حركات عفوية، وهو يقدم نموذجا للفطام التلقائي عن P.S، حيث يقل مقدار الدعم الضغطي المقدم P.S للمريض تدريجياً مع تحسن المطاوعة الرئوية لديه حتى الوصول لقيم P.S منخفضة.

الفرق بين نظامي V.S وPRVC:

إن نظام V.S هو نظام Pressure-limited, Flow-cycled بينما نظام PRVC هو نظام Pressure-limited, Time-cycled. في نظام V.S تكون الحركات التنفسية مبدوئة من قبل المريض (عفوية)، بينما يقدم للمريض حركات إجبارية ومساعدة في نظام PRVC.

عند وصول قيمة الضغط في الطرق الهوائية إلى حدود 5 دون الضغط الأعظم المسموح به ينطلق إنذار المنفسة ويكون الحجم الجاري الناتج أقل من الحجم الجاري المرغوب (Pressure-limited).

Auto Mode:

يهدف هذا النظام إلى تمكين المنفسة من التكيف مع تبدلات الجهد العفوي للمريض. يتواجد هذا النظام على منفسات Servo300A. تؤدي هذه الميزة إلى تبديل نظام المنفسة من Control mode (PRVC) إلى Support mode (V.S) عندما يقوم المريض بجهدين تنفسيين عفويين متعاقبين. عند التحول إلى نظام V.S تبقى المنفسة على هذا النظام ما دام المريض يقوم بجهد تنفسي عفوي (triggering). عندما يتوقف المريض عن بذل الجهد العفوي (لمدة 12 ثا) تعود المنفسة إلى PRVC من جديد.

:(ATC) Automatic Tube Comensation

تهدف هذه التقنية إلى التغلب على المقاومة الناتجة عن الأنبوب الرغامي. يجب فهم نقطتين لتقدير الفرق بين ATC وP.S (يهدف أيضاً إلى التغلب على مقاومة الأنبوب الرغامي): تزداد المقاومة المتشكلة في الأنبوب الرغامي للتيار الهوائي عند نقص قطره وزيادة معدل الجريان الهوائي فيه. إن قطر الأنبوب الرغامي يبقى ثابتاً نوعاً ما خلال الدورة التنفسية ولكن زيادة سرعة الجريان يؤدي إلى تغير المقاومة المتشكلة في الأنبوب الرغامي.

إن تقديم دعم ضغطي شهيقي ثابت P.S خلال الشهيق سيكون غير متناسب مع تبدلات المقاومة المرافقة لتبدل سرعة الجريان (أعلى من المطلوب في مرحلة ما وأقل من المطلوب في مرحلة أخرى).

في نظام ATC يحدد منذ البدء قطر الأنبوب الرغامي المستخدم ويقدم للمنفسة التي تقوم بحساب سرعة الجريان في الطرق الهوائية والضغط المتشكل فيها. بعد ذلك تقدم المنفسة دعما ضغطيا شهيقيا متبدلا يتناسب طردا مع سرعة الجريان عبر الطرق الهوائية لديه وذلك للتغلب بشكل فعال على مقاومة الطرق الهوائية .

يمكن من خلال هذا النظام تأمين دعم ضغطي قادر على التغلب على المقاومة المتشكلة في الأنبوب الرغامي بنسب مختلفة تتروح من (10-100%)، عادة ما تستعمل نسبة (70-100%).

:Mandatory Minute Ventilation

نظام تهوية يسمح للمريض أن يتنفس عفوياً، ولكن يضمن إعطاء المريض حدا أدنى من حجم التهوية بالدقيقة MV.

إن الطريقة التي يحدد بها هذا النظام الحد الأدنى المطلوب من MV يختلف حسب المنفسة. في بعض المنفسات: عندما يقوم المريض بحركات عفوية ولكن لا يحقق حجم التهوية المطلوب بالدقيقة، تقوم المنفسة بزيادة الدعم الضغطي المقدم له P.S وبالتالي زيادة الحجم الجاري وتحقيق MV المطلوب.

في منفسات أخرى: إذا كان حجم التهوية بالدقيقة العفوي لدى المريض أقل من المطلوب تقوم المنفسة بتقديم حركات إجبارية للمريض بحجوم ثابتة محددة سلفا بينما يستمر المريض بالتنفس العفوي بحجومه الخاصة (SIMV).

Airway Pressure Release Ventilation:

نظام التهوية بتحرر ضغط الطرق الهوائية **APRV**: هو نظام حديث نسبيا ظهر في U.S.A في أوائل التسعينيات من القرن الماضي. يحصل المريض على الحجم الجاري بطريقة تختلف عن بقية أنظمة التهوية التقليدية حيث يستعمل طريقة تحرر (انخفاض) ضغط الطرق الهوائية بدءا من مستوى عالي للضغط ليضمن التحول للزفير والتهوية السنخية.

يمكن تعريف هذا النظام بأنه تطبيق ضغط إيجابي مستمر على الطرق الهوائية مع تحرر متقطع منتظم سريع للضغط في الطرق الهوائية. تتروح المنفسة بين مستويين من الضغط مع بقاء معظم الوقت في مستوى الضغط العالي والسماح للمريض بالتنفس العفوي الذي يتم غالبا عند مستوى الضغط العالي، إن مستوى الضغط المرتفع يؤمن عملية الأكسجة بينما يؤمن انخفاض الضغط في الطرق الهوائية إلى مستوى الضغط المنخفض عملية طرح CO2 والتهوية السنخية.

من الفوائد المرتقبة في هذا النظام: ضغوط أقل في الطرق الهوائية (MAP)، انخفاض حجم التهوية بالدقيقة وبالتالي الحيز الميت، آثار جانبية أقل على الجهاز القلبي الدوراني، القدرة على التنفس عفويا طوال مراحل الدورة التنفسية، تقليل الحاجة للمركنات مع حذف استخدام المرخيات تقريباً.

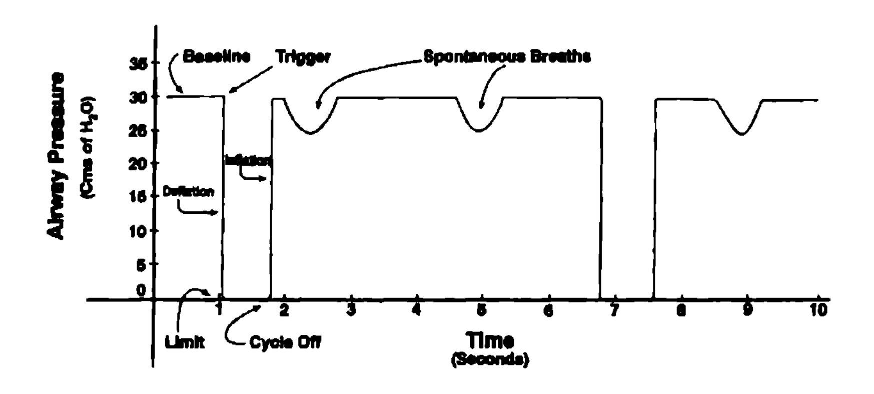
إن أنظمة التهوية الآلية التقليدية تبدأ الدورة التنفسية عند مستوى ضغط قاعدي منخفض نسبيا (PEEP) وتقوم بزيادة مستوى الضغط في الطرق الهوائية للحصول على الحجم الجاري والتهوية السنخية، في نظام APRV نقوم بالعكس حيث نبدأ بمستوى ضغط مرتفع يبقى ثابتا طيلة فترة الشهيق مع فترات من تحرر الضغط في الطرق

الهوائية وانخفاضه وذلك لتحقيق الحجم الجاري والتهوية السنخية ومن ثم العودة لمستوى الضغط العالي.

يمكن لنظام APRV أن يحقق التهوية السنخية سواء كان المريض يتنفس عفويا أو في غياب الجهد التنفسي العفوي (يعادل هنا نظام P.C).

تقنياً: يتمتع هذا النظام بالخواص التقنية التالية: time-triggered, pressure-limitted,time-cycled، كما أنه يسمح بحدوث الحركات العفوية طوال فترة الشهيق.

إن الـ trigger هنا (انقضاء زمن معين) يؤدي إلى هبوط في ضغط الطرق الهوائية، يحدد الـ limit مقدار ذلك الهبوط، يكون الـ cycle حسب الزمن ومن ثم يعود الضغط إلى قيمته السابقة.



الشكل (15): نظام APRV.

المتغيرات في نظام APRV:

- **Rate**: معدل تحرر ضغط الطرق الهوائية في الدقيقة، يوضع عادة من 8-12/min.
- **مستوى الضغط العالي Phigh**: (High PEEP، CPAP): مستوى الضغط الإيجابي المطبق خلال معظم الدورة التنفسية.
- **مستوى الضغط المنخفض Plow**: (Low PEEP ، PEEP): مستوى الضغط الإيجابي الذي ينخفض إليه ضغط الطرق الهوائية أثناء زمن تحرر الضغط.
- **زمن الضغط العالي Thigh**: زمن تطبيق Phigh، ويكون طويلا عادة.
- **زمن الضغط المنخفض Tlow**: زمن تطبيق Plow ويكون قصيرا عادة.

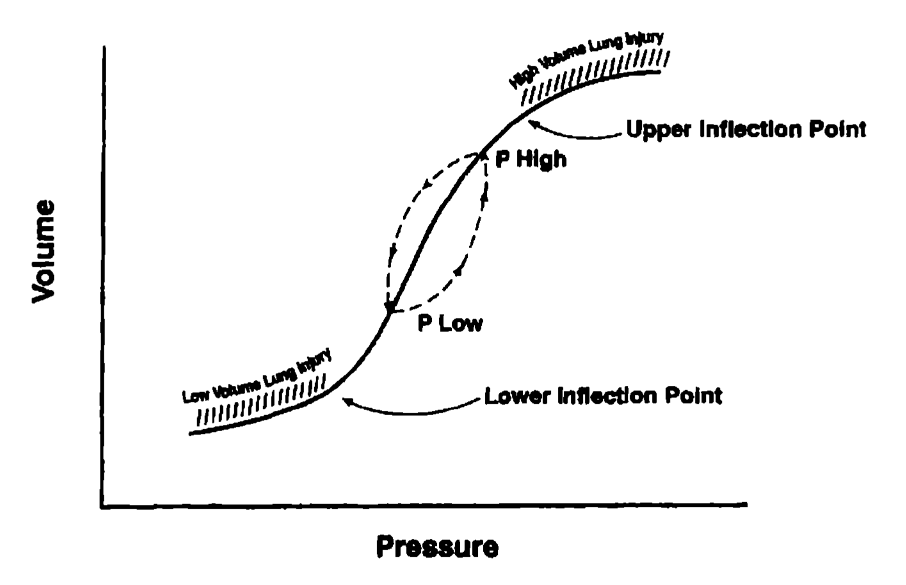
يتضمن APRV نسبة I:E مقلوبة بشدة تعادل حوالي 8:1 أو 9:1 (رغم ذلك لا يحتاج المريض للتركين أو الإرخاء)، يحسب ضغط الطرق الهوائية الوسطي MAP من المعادلة:

MAP = [(Phigh * Thigh) + (Plow * Tlow)] / (Thigh + Tlow)

يستطب استعمال هذا النظام لدى مرضى ALI شديدي المراضة مع نقص شديد في الأكسجة والمطاوعة الرئوية.

آلية التأثير:

إن السبب الرئيسي لنقص الأكسجة عند مرضى ALI هو انخماص الأسناخ الرئوية وانخفاض FRC. يكون الهدف الرئيسي في علاج مرضى ALI هو تجنيد الأسناخ Recruitment ومن ثم منع انخماصها. إن تجنيد الأسناخ يبدأ عند نقطة الإلتواء السفلية Pflex على مخطط المطاوعة ويستمر حتى نقطة الإلتواء العلوية Pmax (راجع مخطط المطاوعة الرئوية ص67). إن تطبيق ضغط إيجابي عالي بشكل مستمر تقريبا في هذا النظام قد يؤدي إلى تجنيد كامل الأسناخ تقريبا وهذا يقلل من أذية الرض الإنخماصي. كما أنه من غير المحتمل حدوث أذية الرئة بفرط التمدد في هذا النظام لأن الضغط هنا ينخفض لتحقيق الحجم الجاري (و ليس العكس كما في التهوية التقليدية).



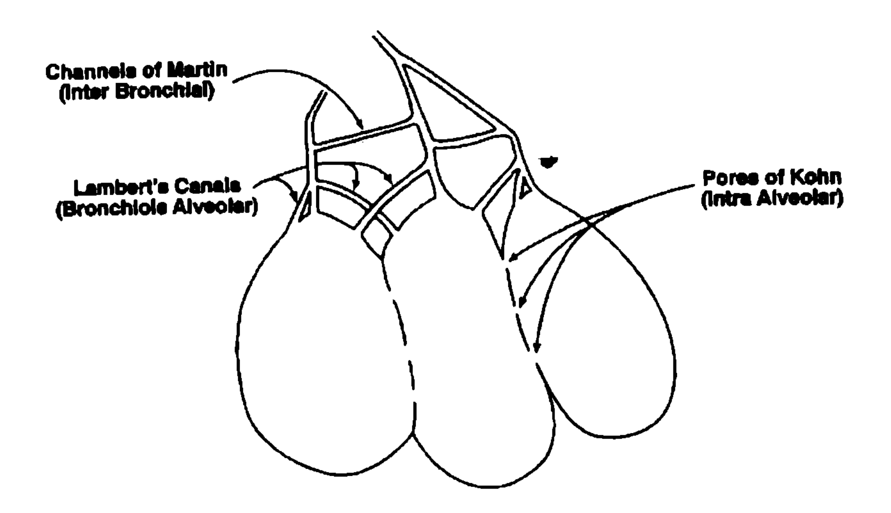
الشكل (16): حدود التهوية أثناء APRV.

يسمح هذا النظام بتهوية الأسناخ بالإعتماد على قوى عود الإرتداد المرن للنسيج الرئوي، بحيث يتم تهوية المريض على الذراع الزفيري لمخطط المطاوعة الرئوية (تكون المطاوعة الرئوية أفضل أثناء الزفير بسبب ظاهرة الزيوغ Hysteresis راجع ص68).

إن الحفاظ على ضغط إيجابي ثابت عالي في الأسناخ لفترة طويلة قد يكون مفيداً لعدة أسباب منها: يسهل عملية تجنيد الأسناخ، يعزز الإنتشار الغازي عبر الحاجز السنخي، يسمح بتهوية الأسناخ التي تملك ثابت زمن طويل نسبياً، يمنع فرط تمدد الأسناخ، يعزز تهوية الأسناخ من الجوار.

تهوية الأسناخ من الجوار Collateral Ventilation:

لقد بينت الدراسات وجود طرق أخرى لوصول الهواء إلى الأسناخ عدا القصيبات الإنتهائية والتنفسية. هناك ثلاث طرق ثانوية: **ثقب Kohn** وتقع في الحاجز بين الأسناخ، **قنوات Lambert** وتصل القصيبات التنفسية والإنتهائية بالأسناخ المجاورة، **قنوات Martin** وتصل القصيبات التنفسية المتجاورة ببعضها.



الشكل (17): التهوية من الجوار Collateral Ventilation.

إن دور هذه الطرق البديلة محدود في الحالات الطبيعية (رئة سليمة)، لكن دورها يصبح هاما في الحالات المرضية. إن تطبيق ضغط إيجابي بشكل مستمر (APRV) أكثر فعالية في فتح هذه الطرق من التطبيق المتقطع للضغط الإيجابي (التهوية التقليدية).

إن السماح بالحركات العفوية خلال هذا النظام يقدم ميزات هامة منها منع ضمور العضلات التنفسية، تقليل الحاجة للتركين، حذف الحاجة للإرخاء تقريباً، تحسين التطابق بين التهوية - التروية.

إن مرضى COPD الذين لا يستطيعون إفراغ رئتهم خلال 2 ثا لا يمكنهم تحمل نظام APRV بشكل جيد.

الإعدادات البدئية لنظام APRV:

عند تحويل نظام المنفسة إلى APRV فإن الإعدادات البدئية لنظام APRV يمكن توقعها من إعدادات النظام السابق .

يكون Phigh معادلاً لـPplat في النظام السابق ، يكون MV المطلوب اقل بـ 2-3 ليتر من النظام السابق، تكون الحدود العليا لـ Phighحوالي30، يتم وضع Plow على قيمة(0)، هذا يقلل من الإعاقة أثناء الزفير ويسهل الهبوط السريع للضغط. يوضع Thigh على قيمة 4-6 ثا على الأقل، إن القيم الأقل من ذلك تقلل من MAP وبالتالي تسبب نقص اكسجة. يوضع Tlow على قيمة (0.5-1 ثا) أي حوالي 0.8 ثا في البدء.

إذا وضعنا الإعدادات التالية: (Phigh = 35 , Plow = 0 , Thigh = 4, Tlow = 0.8) يكون ضغط الطرق الهوائية الوسطي الناتج MAP=29.2، إنه ليس من الممكن في أنظمة التهوية التقليدية الحفاظ على ضغط طرق هوائية وسطي بهذه القيمة وكون الحدود العليا للضغط 35 مع الحفاظ على حجم جاري كافي.

عند بدء التهوية بنظام APRV يمكن وضع الإعدادات التالية وتعديلها حسب حالة المريض (Phigh = 28 , Plow = 0 ,Thigh = 4, Tlow = 0.8 Rate = 10,)، يتم وضع قيمة Plow صفرا وذلك لتقليل المقاومة للزفير لأن وجود ضغط عالي أثناء الزفير قد يعيق الجريان الزفيري وعود الارتداد المرن المنفعل للرئة. إن موضوع انخماص الأسناخ بسبب القيمة المنخفضة للضغط أثناء الزفير مهمل بسبب استعمال زمن قصير للزفير (0.5-1 ثا) وذلك للحفاظ على حجم هوائي يبقى في الرئتين أثناء الزفير، بحيث يضبط هذا الزمن للسماح باحتجاز 20% من الهواء في الأسناخ أثناء الزفير (Auto PEEP).

إن تطاول زمن Tlow أكثر من اللازم يؤدي إلى انخماص الأسناخ وحدوث نقص اكسجة، بينما إذا كان ذلك الزمن قصيراً جداً يؤدي ذلك إلى زفير غير كامل وازدياد الحيز الميت واحتباس CO_2 وآثار دورانية سيئة.

يعتمد تحديد Tlow بالاعتماد على ثابت الزمن ($T = C * R$)، في الإصابات البرانشيمية حيث يكون ثابت الزمن منخفضا نحتاج إلى زمن Tlow قصير، بينما في إصابات الطرق الهوائية حيث يكون ثابت الزمن مرتفعا نحتاج إلى زمن Tlow طويل نسبياً.

يكون الحد الأدنى المقبول من Thigh معادلاً: 4 ثا. إن الهدف هو الحفاظ على ضغط ثابت تقريبا طيلة الشهيق وذلك لتجنيد الأسناخ ومنع انخماصها وهكذا نجعل الأكسجة والمطاوعة الرئوية بالحالة الأمثل.

نذكر بشكل سريع الإعدادات البدئية في هذا النظام:

- **Rate**: 8-15b/min.
- **Phigh**: 15-30cm H_2O.
- **Plow**: 0-3 cm H_2O.
- **Thigh**: 4-6 ثا.
- **Tlow**: 0.5-1 ثا. يجب ألا تتجاوز قيمته 1.7 ثا. يكون الحجم الجاري الهدف 6ml / kg. إذا كان Vt >6ml/kg نزيد من قيمة Tlow والعكس بالعكس.

يجب السماح للمريض بالتنفس العفوي في هذا النظام (تركين خفيف).

عند وجود نقص أكسجة نقوم بما يلي:

- رفع FiO_2.
- زيادة Phigh.
- زيادة Thigh.

عند وجود فرط CO_2 نقوم بما يلي:

- زيادة RR.
- زيادة Phigh.
- إنقاص Plow.

الفطام عن نظام APRV:

عندما تتحسن حالة المريض ويصبح جاهزا للفطام يمكن البدء بذلك من خلال تقليل Phigh تدريجيا بفواصل 2-3 وزيادة Thigh تدريجيا بفواصل 0.5-2 ثا حسب تحمل المريض. يكون الهدف هو الوصول إلى مستوى Phigh يعادل 12 وThigh حوالي 12-15 ثا ومن ثم التحول إلى نظام CPAP أو نزع التنبيب مباشرة.

نظام التهوية ثنائي المستوى Bilevel Ventilation:

التهوية الإيجابية ثنائية الطور: Biphasic Positive Airway Pressure (BiPAP) مصطلح مبهم وغامض حيث قد يفهم منه أننا نقصد NPPV التهوية الآلية غير الغازية (يتم هنا تقديم دعم شهيقي P.S وزفيري PEEP للمريض بشكل غير غازي) ولكن في نظام BiPAP يتم تقديم مستويين من CPAP تتناوب المنفسة بينهما. يجب أن نحدد تماما ما نقصده من مصطلح BiPAP لأنه قد يشير إلى أي نظام تهوية يستعمل مستويين من الضغط.

BiLevel: علامة تجارية مسجلة لمنفسات Buritan Bennitt 840. يكون هناك مستويين من الضغط بزمن كاف لكل منهما يسمح للمريض بأخذ حركات عفوية في أي مرحلة من مراحل الدورة التنفسية. يتميز هذا النظام عن APRV أن نسبة I:E تكون طبيعية ويتميز أيضا بإمكانية إضافة دعم ضغطي P.S للحركات العفوية للمريض.

إذا لم يقم المريض بأي جهد تنفسي عفوي يكون نظام Bilevel مماثلا لـ P.C ويكون نظام APRV مماثلا لنظام PCIRV.

الإعدادات البدئية لنظام BiLevel:

عند تحويل المريض من نظام V.C إلى BiLevel يمكن الاستعانة بإعدادات النظام السابق:

- **Rate**: يبقى نفسه.
- **FiO2**: يبقى نفسه.
- **Phigh**: يعادل Pplat ، يتم تعديله للحصول على الحجم الجاري المطلوب.
- **Plow**: يعادل PEEP.
- **Thigh**: يعادل Ti.
- **Tlow**: يعادل Te.

إذا تم وضع المريض مباشرة على نظام Bilevel تكون الإعدادات كما يلي:

- **Plow**: حسب مستوى PEEP المطلوب (حسب المطاوعة الرئوية).
- **Phigh**: يوضع أعلى من قيمة Plow بـ 12-16cmH2O ، حيث يعدل للحصول على الحجم الجاري المطلوب.
- يتم ضبط الـ **Rate** و**Thigh** للحصول على نسبة I:E المرغوبة (1:1 أو 2:1).

عند وضع المريض على هذا النظام يجب السماح له بالحركات العفوية ما لم يكن هناك مضاد استطباب، عند حدوث زلة تنفسية لدى المريض يمكن زيادة التركين قليلا دون تغيير النظام. يمكن وضع قيمة **P.S** لدعم الحركات العفوية.

ضبط الإعدادات في نظام Bilevel:

لزيادة التهوية: (تخفيض PaCO2 ورفعPH) مع الحفاظ على MAP ثابتاً (حالة الأكسجة جيدة) يمكن أن نلجأ لما يلي:

- زيادة RR مع قفل النسبة I:E.
- رفع Phigh وتخفيض Plow بنفس القيمة إذا كانت I:E تعادل 1:1.
- رفع Phigh وتخفيض Plow بمقدار يساوي ضعفي مقدار رفع Phigh إذا كانت I:E تعادل 2:1.

لتقليل التهوية يمكن اللجوء لما يلي:

- تقليل Rate مع قفل النسبة I:E.
- تقليل الفارق بين Phigh وPlow ومراقبة انخفاض الحجم الجاري.

لتحسين الأكسجة (زيادة MAP) يمكن اللجوء لما يلي:

- رفع Phigh وPlow بنفس المقدار : يزداد MAP دون أن تتأثر التهوية.
- زيادة النسبة I:E : إطالة زمن الشهيق ، حيث لا تتأثر التهوية ما لم يتطور Auto PEEP.

الفطام عن نظام Bilevel:

1. في البداية يتم فطم FiO2 حتى المستويات الآمنة <50%.
2. تقليل النسبة I:E حتى 1:1 ثم قفل النسبة.
3. تقليل Plow حتى 7-9 مع تقليل Phigh بنفس المقدار.
4. تقليل الفرق بين مستويي الضغط حتى 8-12.
5. يقلل Rate حتى 8-10.
6. يتم قفل Thigh ثم يقلل التواتر Rate حتى 4، وبذلك يزداد زمن الزفير وينخفض MAP.
7. التحول إلى نظام P.S مع PEEP.
8. متابعة الفطام (تقليل مستوى P.S، تقليل مستوى PEEP).

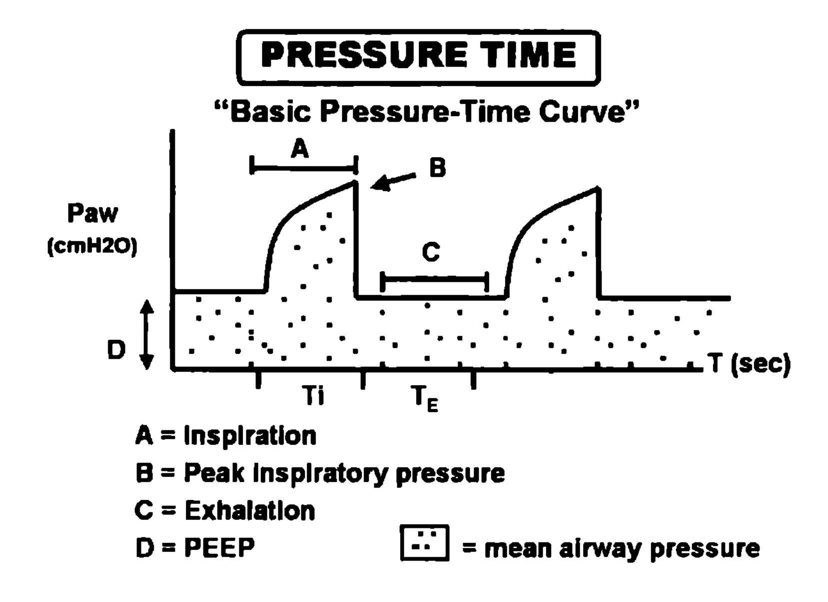
تحليل موجات المنفسة

يهدف تحليل موجات المنفسة إلى دراسة العلاقة البيانية بين المتغيرات الأربع ودراسة تغيراتها في الحالات المرضية (علاقة ضغط - زمن، علاقة حجم - زمن، علاقة جريان - زمن، علاقة ضغط - حجم، علاقة حجم - جريان).

يمكن من خلال تلك المخططات تعميق فهم أنظمة التهوية وطريقة عملها، كما يساعدنا في كشف المشاكل التي تواجهنا أثناء التهوية (تسريب هوائي، تشكل احتباس هوائي، تغير ميكانيكيات الرئة ...) .

مخطط الضغط - الزمن:

يظهر هذا المخطط تبدلات الضغط في الطرق الهوائية خلال مراحل الدورة التنفسية. يبين الشكل 18 مخطط الضغط النموذجي خلال الحركة الميكانيكية في نظام V.C:

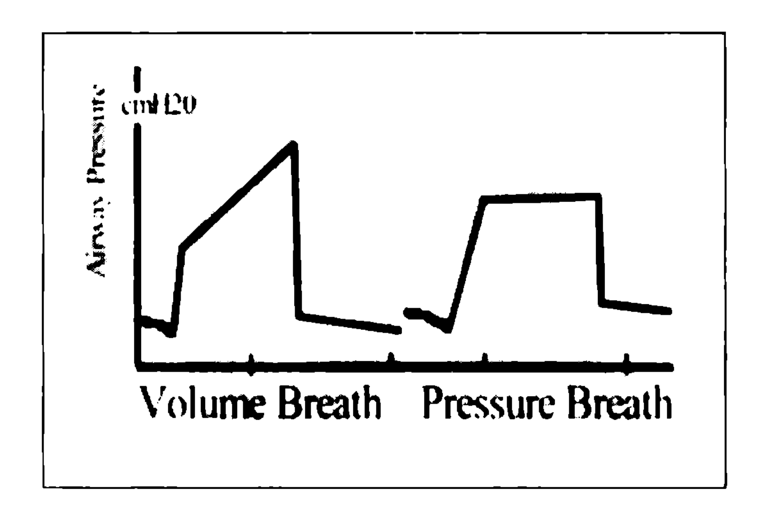


الشكل (18): مخطط الضغط – الزمن.

يلاحظ من المخطط السابق أن مستوى الضغط القاعدي للتنفس هو PEEP (CPAP) حيث يزداد الضغط خلال الشهيق ليصل إلى قيمة عظمى PIP (B على المخطط). بعد ذلك يحدث الزفير ويعود الضغط إلى مستواه القاعدي (PEEP). يمكن إضافة فترة توقف شهيقي لحساب قيمة Pplat (غير موجودة على هذا المخطط). وبالتالي فإننا من خلال مخطط الضغط الأساسي نستطيع الحصول على المعلومات التالية :

- قيمة PEEP المستخدم .
- قيمة PIP (و يمكن أيضا معرفة Pplat عند إضافة فترة توقف شهيقي).
- قيمة MAP الضغط الوسطي : حيث يعادل مساحة المنطقة المظللة أسفل المخطط.
- زمن الشهيق Ti والزفير Te .

في مخطط الضغط أثناء التهوية مضبوطة الضغط P.C يكون مستوى الضغط المطبق أثناء الشهيق ثابتا كما في الشكل 19 الذي يبين الفرق بين موجتي الضغط في كل من نظامي P.C وV.C.



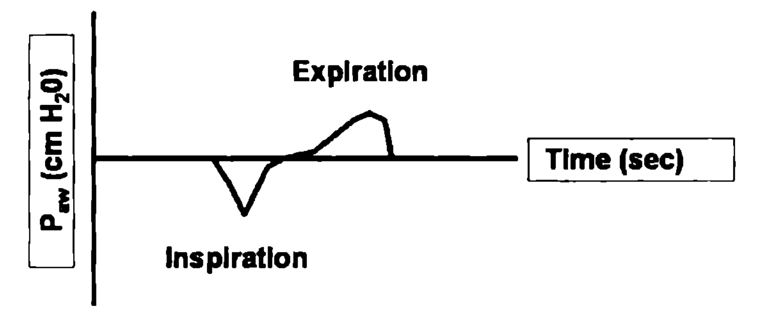
الشكل (19): الفرق بين V.C وP.C.

يمكن من مخطط الضغط معرفة نوع الحركة التنفسية: عفوية، إجبارية، مساندة assisted.

في الحركة التنفسية العفوية يبدأ المريض الحركة لذا يظهر الشهيق سلبياً على موجة الضغط وتكون سعة الشهيق (قيمة الضغط العظمى) منخفضة نسبياً (يمكن إضافة دعم ضغطي إيجابي لهذه الحركات P.S).

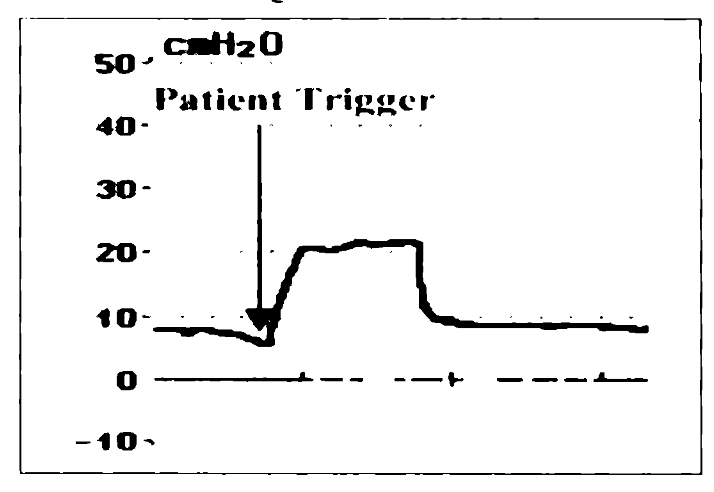
في الحركة التنفسية الإجبارية تبدأ المنفسة الحركة وتحدد عمقها وزمن الشهيق، لذا لا يظهر على المخطط جهد تنفسي عفوي في بداية الحركة.

تكون الحركة التنفسية المساعدة Assisted مماثلة تماما للحركة الإجبارية مع فارق بسيط هو وجود الجهد العفوي لمريض في بداية الحركة الذي يظهر على شكل انحراف سلبي تحت مستوى PEEP على مخطط الضغط.

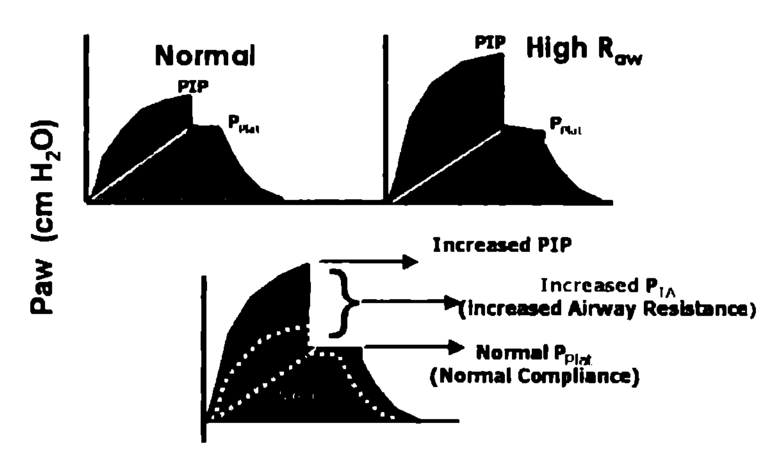


الشكل (20): الحركة التنفسية العفوية على مخطط الضغط.

يمكن أيضاً الاستفادة من مخطط الضغط في مراقبة الحالة الميكانيكية للرئة حيث يمكن من خلال معرفة قيمة PIP وPplat توقع تبدلات المطاوعة والمقاومة.

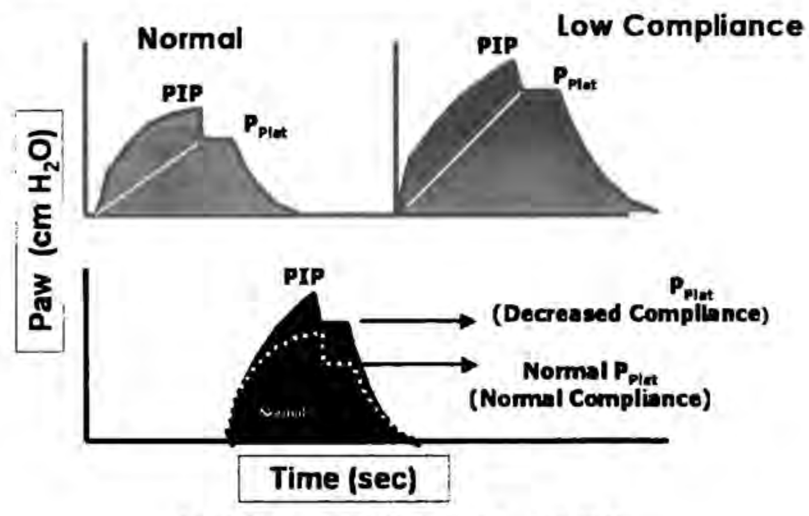


الشكل (21): الحركة التنفسية المساعدة Assisted.



الشكل (22): زيادة المقاومة على مخطط الضغط.

حيث أنه في حالة نقص المطاوعة الرئوية يزداد كل من PIP وPplat ويبقى الفرق بينهما ثابتا بينما في حالة زيادة مقاومة الطرق الهوائية يزداد PIP فقط ويبقى Pplat ثابتا تقريبا ويزداد الفرق بينهما (<5).



الشكل (23): انخفاض المطاوعة على مخطط الضغط.

مخطط الجريان - الزمن:

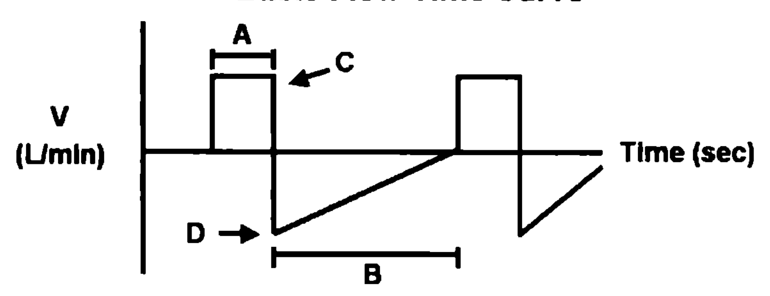
يظهر هذا المخطط تبدلات الجريان الهوائي الشهيقي والزفيري مع تغير الزمن. يمكن من هذا المخطط معرفة المعلومات التالية:

- زمن الشهيق.
- زمن الزفير.
- معدل الجريان الشهيقي القمي PIFR.
- معدل الجريان الزفيري القمي PEFR .

في البدء يمكن معرفة شكل موجة الجريان الشهيقي من هذا المخطط، لاحظ أن شكل موجة الجريان الزفيري ثابت لأن الزفير عادة منفعل. راجع ص50.

FLOW TIME

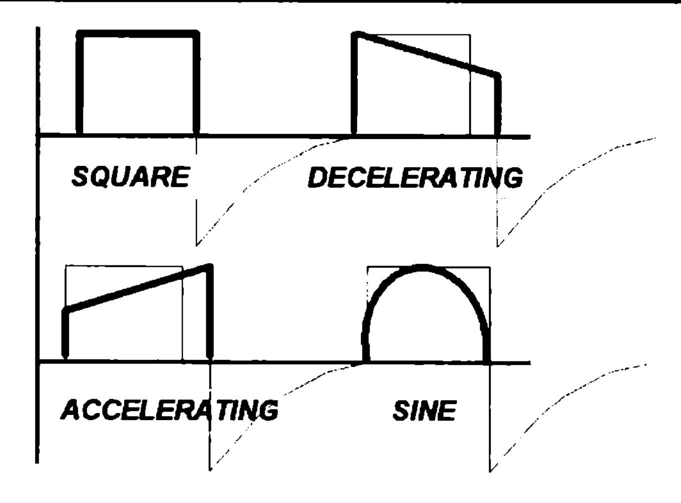
"Basic Flow-Time Curve"



A = Inspiration
B = Expiration
C = Peak inspiratory flow
D = Peak expiratory flow

الشكل (24): مخطط الجريان – الزمن.

Typical Flow Patterns

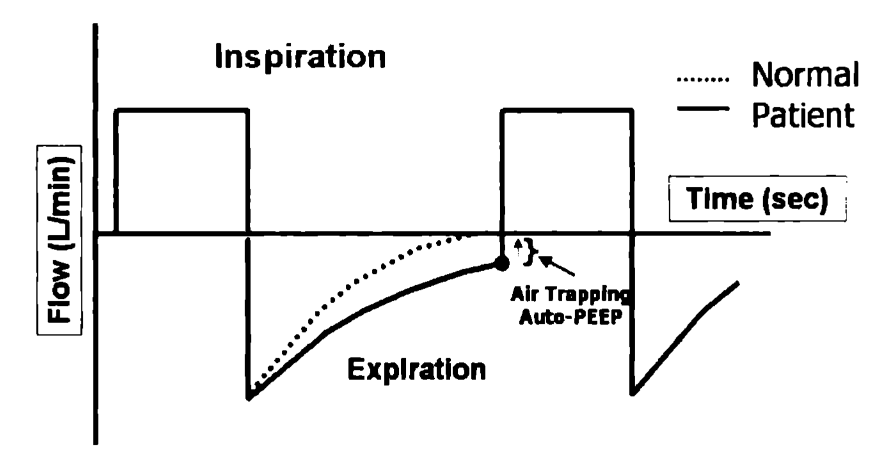


الشكل (25): أنماط موجة الجريان.

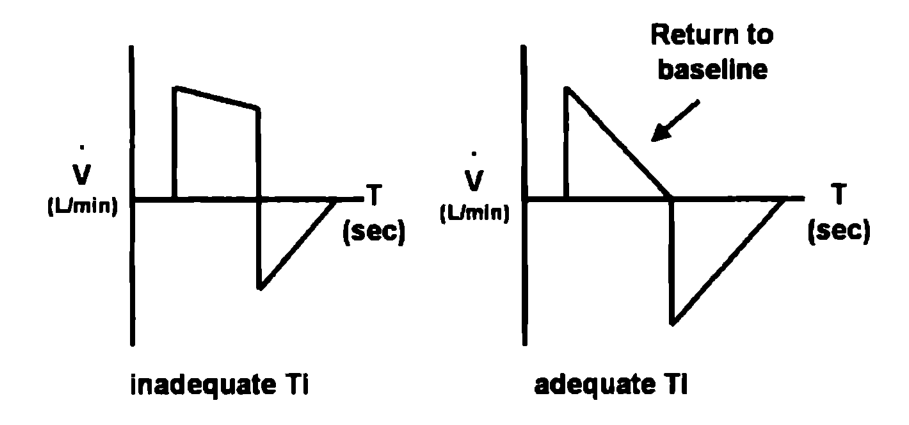
يمكـن مـن خـلال مخطـط الجريـان معرفـة وجـود احتبـاس هـوائي في الرئـة AutoPEEP حيث لا يكون هناك زمن كافي للزفير وبالتالي يستمر الجريان الزفيري حتى بداية الشهيق التالي. يظهر ذلك على المخطط حيث لا يعود الجريان الزفيري إلى خط السواء في نهاية الزفير ويتناسب ذلك مع ازدياد قيمة الـAutoPEEP المتشكل. راجع (ص 73) (الشكل 26).

يمكن من خلال مخطط الجريان أيضا تقدير زمن الشهيق المناسب في نظام التهوية مضبوطة الضغط P.C، حيث يجب أن يكون معادلاً للزمن اللازم لتوقف الجريان حتى نضمن الحصول على حجم جاري مناسب. (راجع ص 83 الشكل 27).

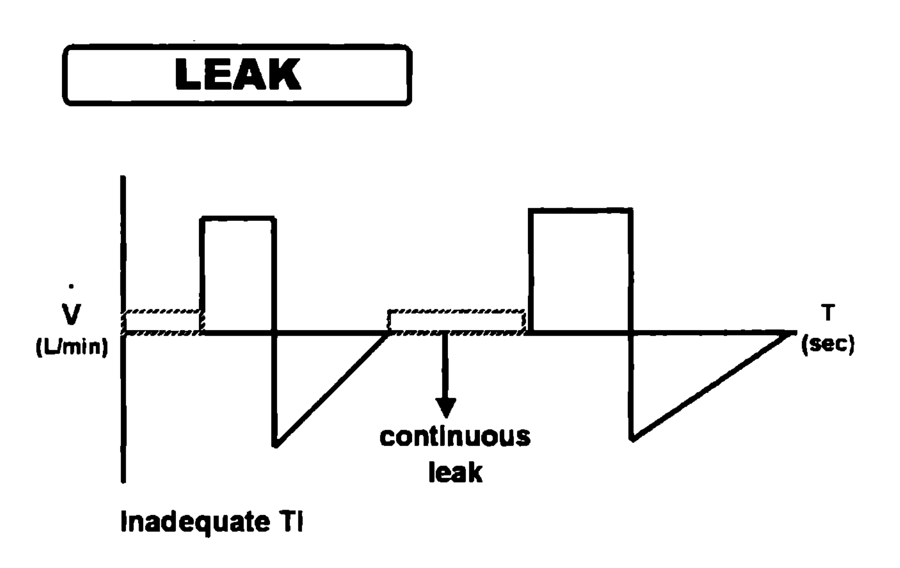
يمكن أيضا من خلال مخطط الجريان كشف وجود تسريب ما في دارة المنفسة (أو ناسور قصبي جنبي) حيث يستمر الجريان بشكل مستمر بين الحركات التنفسية (الشكل 28).



الشكل (26): Auto PEEP.



الشكل (27): زمن الشهيق المناسب في نظام التهوية P.C.

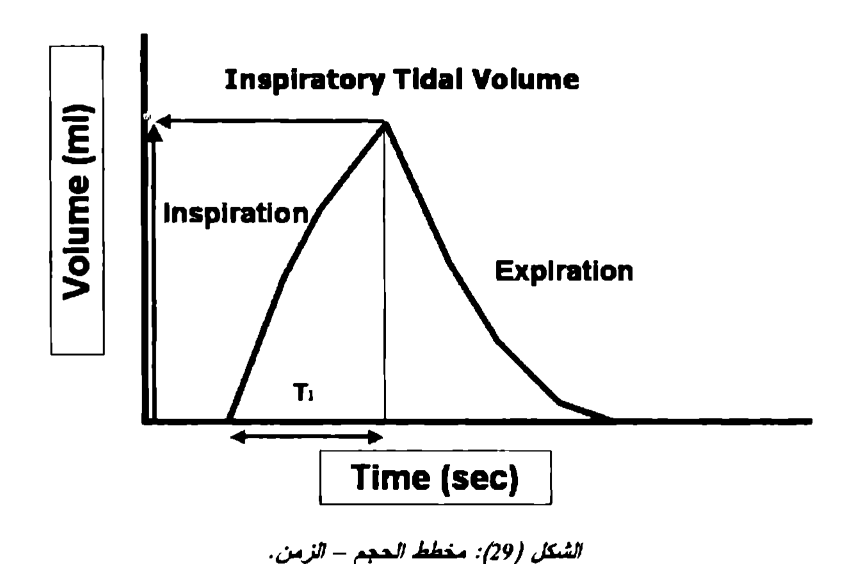


الشكل (28): التسريب على مخطط الجريان.

مخطط الحجم – الزمن:

يتألف هذا المخطط من جزئين هما الشهيق والزفير.

Volume vs Time



الشكل (29): مخطط الحجم – الزمن.

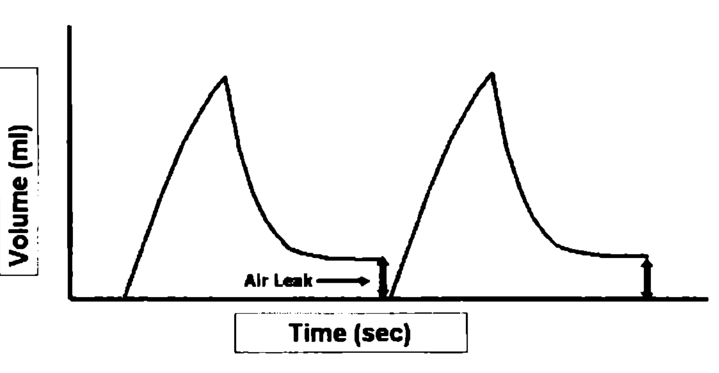
عند عدم عودة الجزء الزفيري إلى خط السواء وبقاءه إيجابيا فذلك يدل على وجود تسريب هوائي، بينما إذا تجاوز خط السواء فإن ذلك يدل على زفير فاعل. الشكلان 30 و 31.

عروة الضغط - الحجم (Pressure-Volume Loop):

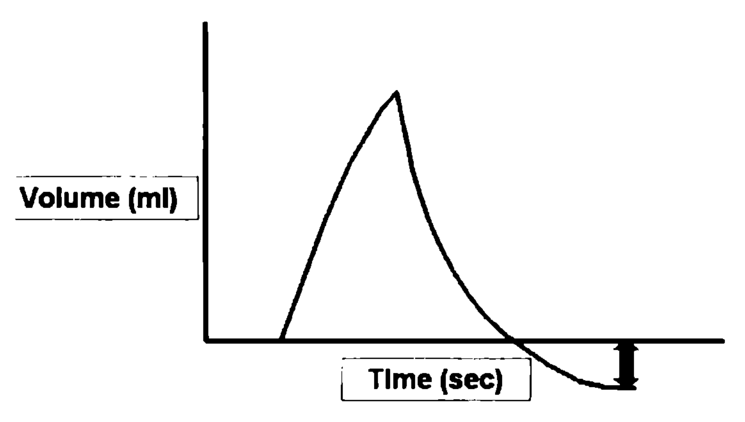
يبين هذا المخطط تبدلات الضغط مع الحجم خلال كل من الشهيق والزفير، وقد شرحنا سابقا سبب عدم تطابق المخطط خلال كل من الشهيق والزفير (الزيوغ Hysteresis ص 68).

يتـألف المخطـط مـن القسم الـشهيقي (الـسفلي) والقسم الـزفيري (العلـوي). تمثـل النقطة السفلية في المخطط النقطة التي ينتهي عندها الزفير ويبدأ الشهيق، بينما تمثل النقطة العلوية نقطة انتهاء الشهيق وبداية الزفير.





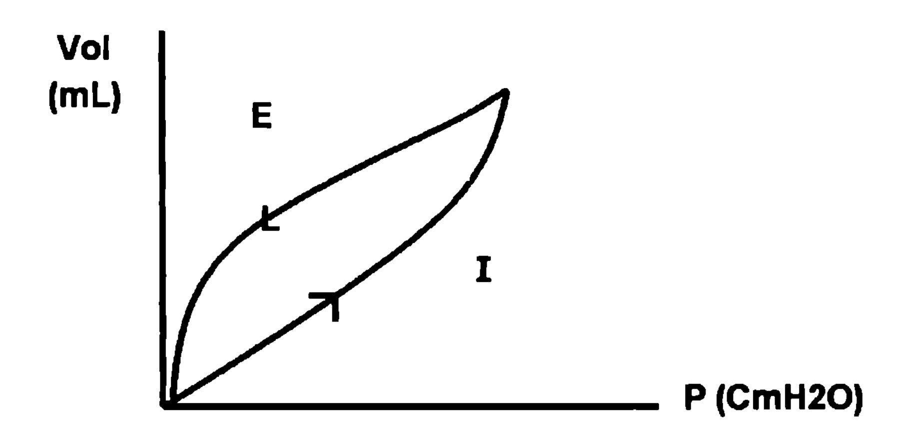
الشكل (30): التسريب الهوائي على مخطط الحجم.



الشكل (31): الزفير الفاعل على مخطط الحجم.

PRESSURE – VOLUME LOOP

"Basic P-V Loop"



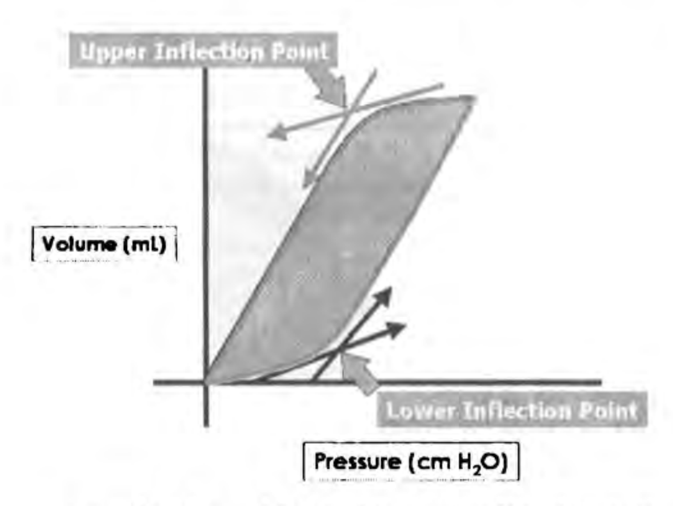
الشكل (32): عروة الضغط – الحجم.

يمكن من خلال مخطط المطاوعة (ضغط - حجم) معرفة نقطة الإلتواء السفلية Pflex ونقطة الإلتواء العلوية Pmax وتقدير مقدار الـPEEP المثالي الواجب تطبيقه (اعلى من Pflex بـ 2) (راجع ص 67 الشكل 33).

يمكن كشف وجود تسريب ما في الدارة (أو ناسور قصبي) من خلال مخطط العروة حيث لا يعود الحجم إلى الصفر في نهاية الزفير (الشكل 34).

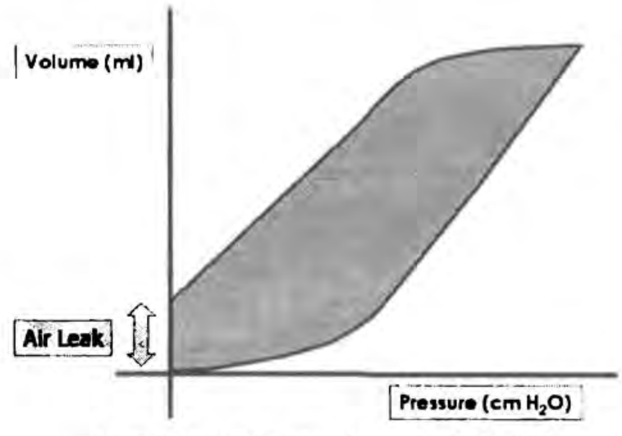
يمكن أيضا من خلال مخطط العروة مراقبة تبدل المطاوعة الرئوية، حيث تنزاح العروة للأعلى عند تحسن المطاوعة بينما تنزاح للأسفل عند تدهور المطاوعة الرئوية. (الشكل 35).

INFLECTION POINTS

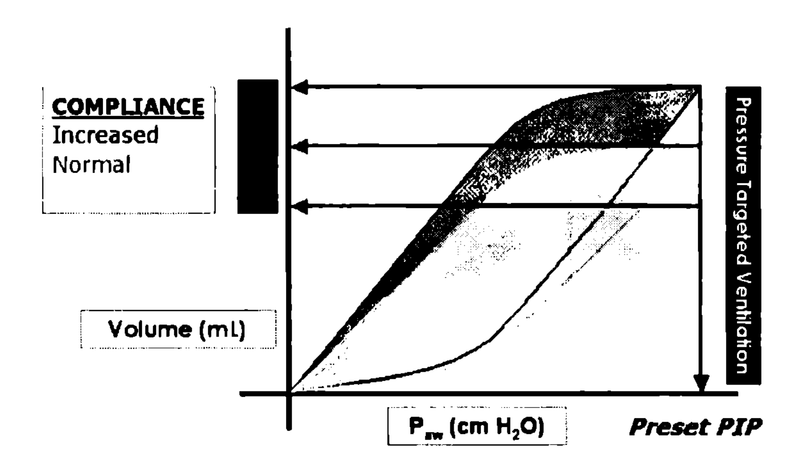


الشكل (33): نقطة الإلتواء السفلية والعلوية في عروة ضغط – حجم.

AIR LEAK



الشكل (34): التسريب في مخطط العروة ضغط – حجم.



الشكل (35): تحسن المطاوعة الرئوية على مخطط العروة ضغط - حجم.

عروة الجريان - الحجم (Flow – Volume loop):

تمثل هذه العروة تبدلات الحجم الرئوي بالترافق مع تبدلات الجريان الهوائي الشهيقي والزفيري. تماثل هذه العروة تلك المجراة أثناء اختبارات وظائف الرئة لكن مع الفارق بأن الحجوم ومعدلات الجريان لا تكون في حدودها القصوى.

تتألف هذه العروة من العناصر التالية:

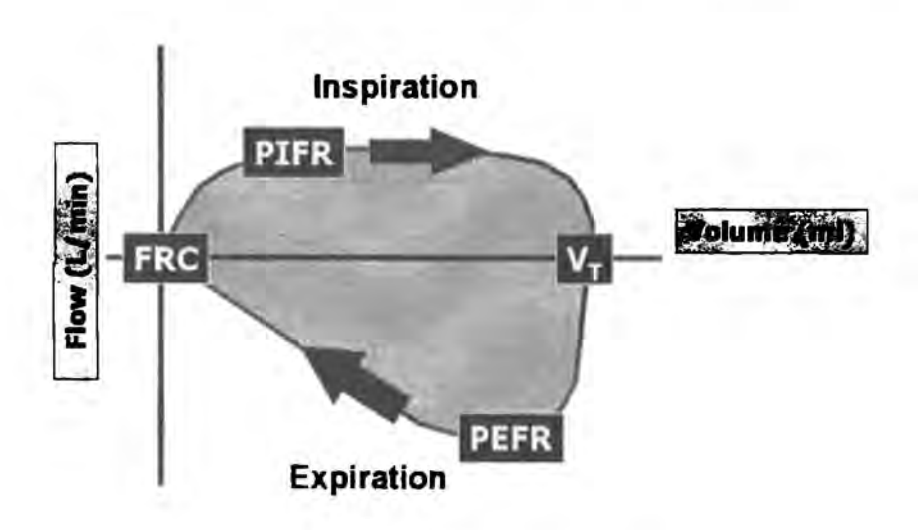
- **PIFR**: معدل الجريان الشهيقي القمي، يكون الشهيق إيجابياً، ويقع فوق الخط القاعدي.
- **PEFR**: معدل الجريان الزفيري القمي، يكون الزفير سلبيا، ويقع أسفل الخط القاعدي.

- **VT** : الحجم الجاري.
- **FRC** : الحجم الوظيفي الباقي، وهو الحجم الذي يبقى في الرئة في نهاية الزفير العادي.

يبين (الشكل 36) مخطط عروة الجريان - الحجم.

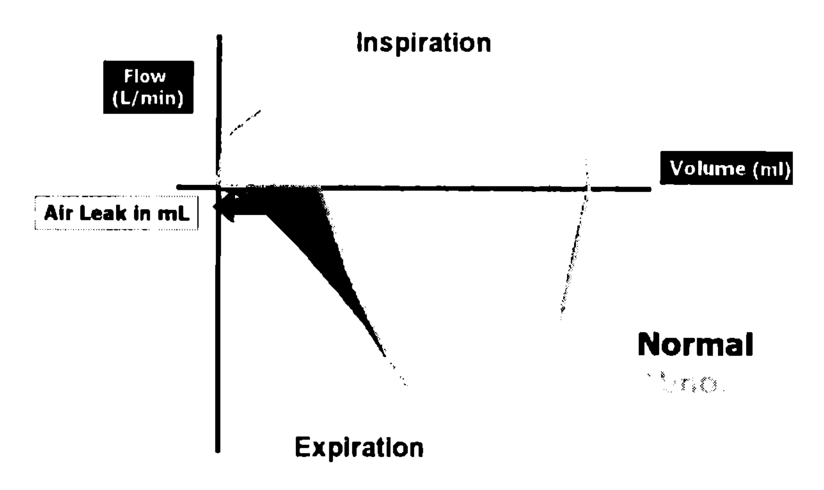
يمكن من خلال عروة الجريان - الحجم كشف وجود تسريب ما في الدارة حيث لا يعود الحجم في نهاية الزفير إلى قيمته البدئية (FRC)، (الشكل37).

يمكن أيضا من خلال العروة كشف وجود احتباس هوائي Auto PEEP حيث يستمر الجريان في نهاية الزفير ولا يعود إلى خط السواء، (الشكل 38).



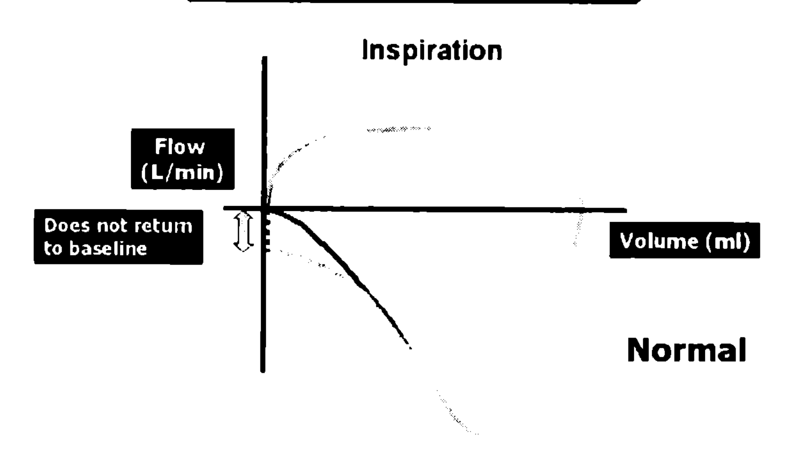
الشكل (36): مخطط عروة الجريان – الحجم.

AIR LEAK



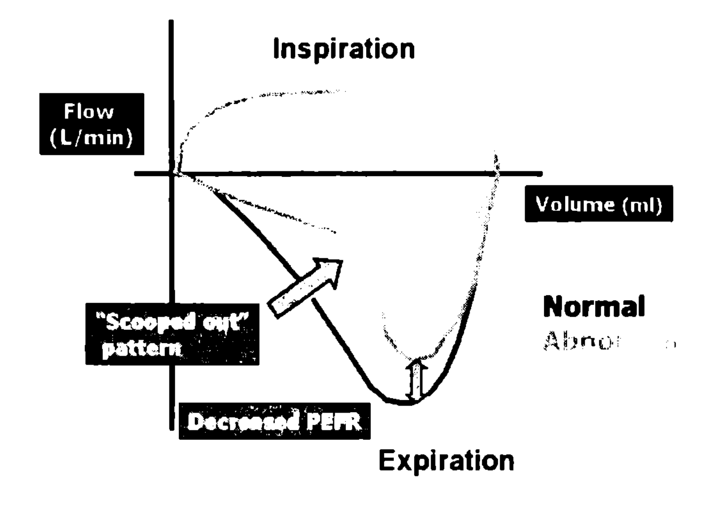
الشكل (37): التسريب الهوائي على عروة الجريان - الحجم.

AIR TRAPPING



الشكل (38): الاحتباس الهوائي على عروة الجريان - الحجم.

كما يمكن ملاحظة ازدياد مقاومة الطرق الهوائية على مخطط عروة الجريان - الحجم بالإنتباه للجزء الزفيري من العروة، حيث أن العائق يكون أشده بالزفير (منفعل). يلاحظ انخفاض معدل الجريان الزفيري القمي وزيادة تقعر منحني العروة الزفيري، (الشكل 39).



الشكل (39): زيادة مقاومة الطرق الهوائية - عروة الجريان - الحجم.

التهوية الرئوية في حالات خاصة

متلازمة العسرة التنفسية الحادة لدى البالغين ARDS

مقدمة:

ARDS متلازمة سريرية تتميز ببدء حاد لزلة تنفسية شديدة مع نقص أكسجة شديد وارتشاحات رئوية منتشرة تؤدي إلى قصور تنفسي. قد يكون سبب الأذية الرئوية مباشرا كاستنشاق السموم أو غير مباشر كالإنتان الجهازي Sepsis.

يمكن تشخيص حالة الـ ARDS عند اجتماع ما يلي: نقص أكسجة شديد PaO2/FiO2<200، ارتشاحات رئوية ثنائية الجهة على صورة الصدر البسيطة (تظهر خلال 24 ساعة من بدء الإصابة)، غياب المظاهر السريرية لقصور القلب الأيسر أو PCWP <18mm Hg، وجود عامل مسبب. هناك حالة تدعى أذية الرئة الحادة ALI وتعتبر حالة أخف من ARDS حيث يكون نقص الأكسجة أقل شدة PaO2/FiO2=200-300. يحتاج المرضى عادة إلى التهوية الآلية خلال 48 ساعة من بدء الإصابة.

الآلية المرضية:

تحدث الـ ARDS نتيجة لاستجابة التهابية موضعية أو جهازية. تمر الإصابة بطورين مرضيين: الطور النتحي التكاثري حيث تحدث استجابة التهابية شديدة تؤدي إلى أذية سنخية بطانية، ينتهي هذا الطور بعد 7-10 أيام حيث يبدأ الطور التليفي.

في البدء يحدث تخرب منتشر في البطانة الوعائية ونزح سوائل غنية بالبروتين في الأحياز السنخية والمسافات الخلالية، إضافة لهجرة المعتدلات وتحرر الوسائط الالتهابية (السيتوكينات)، يحدث تخرب للحاجز السنخي الشعري والخلايا الرئوية (I&II) وبالتالي عوز في السورفاكتانت، كما تحدث خثارات منتشرة في السرير الوعائي الشعري.

يؤدي ذلك إلى انخماص منتشر في الطرق الهوائية الصغيرة والأسناخ، مما يؤدي إلى خلل شديد في التطابق بين التهوية - التروية وحدوث شنط شديد وزيادة تهوية الحيز الميت وانخفاض المطاوعة الرئوية بشدة. لاحقاً يحدث تكاثر ليفيني وتشكل أغشية هيالينية وتعضي النسيج الرئوي ثم التليف. في حال عدم تراجع الإصابة يحدث تندب رئوي شديد.

يبدي التصوير الطبقي المحوري إصابة غير متجانسة للأسناخ الرئوية heterogeneous حيث تشاهد مناطق من التكثف الرئوي وأخرى من الإنخماص وأيضاً أسناخ سليمة. يجب النظر إلى الرئة هنا على أنها رئة صغيرة (Baby lung) ناقصة المطاوعة لأن الأسناخ السليمة فقط ستتلقى معظم الحجم الجاري المقدم.

بعض المرضى يتعافون سريعاً في طور الإصابة الحاد ولا يكون هناك عقابيل دائمة لديهم، بينما يؤدي الالتهاب المطول وتخرب الخلايا الرئوية (خاصة II) إلى تكاثر الأرومات الليفية وتشكل أغشية هيالينية وحدوث تليف رئوي. قد يغدوالتهاب الأسناخ التليفي Fibrosing Alveolitis واضحاً خلال 5 أيام من الإصابة. يعاني المتعافون من نقص الاحتياطي التنفسي لديهم وزيادة قابلية تعرضهم للمرض. يمكن أن يؤدي الخثار المنتشر في السرير الوعائي الشعري الرئوي إلى ارتفاع توتر رئوي دائم وربما ارتفاع التوتر الجهازي.

إن ارتفاع مقدار الحيز الميت في المراحل الأولى للإصابة (<24 سا) يعد مشعراً للإنذار السيئ للإصابة وزيادة نسبة الوفاة. بينما ليس لأي مما يلي قيمة تنبؤية حول المراضة والوفيات في مرضى ARDS: شدة نقص الأكسجة، مقدار الـ PEEP المطبق، مقدار انخفاض المطاوعة الرئوية، شدة الإرتشاحات على صورة الصدر، درجة الأذية الرئوية. ولكن هذه العوامل السابقة تؤثر في درجة عودة الوظيفة الرئوية للسواء بعد التعافي والشفاء.

تتسم حالة ARDS بما يلي:

- مقاومة الطرق الهوائية طبيعية.
- نقص في المطاوعة الرئوية.
- نقص ثابت الزمن (T=C*R).
- زيادة متطلبات التهوية MV.
- وجود شنط رئوي شديد.

استطبابات التهوية الآلية عند مرضى ARDS:

- زيادة المجهود التنفسي (زيادة MV ، زيادة الحيز الميت، نقص المطاوعة).
- فشل الأكسجة الشديد.
- قصور التهوية الحاد.
- قصور التهوية الوشيك Impending.

فوائد التهوية الآلية عند مرضى ARDS:

- التزويد بالأكسجين بمقادير عالية (حتى 100%).
- تقليل المجهود التنفسي.
- تقليل العود الوريدي للقلب.
- إعادة فتح الأسناخ المنخمصة: تقليل الشنط.

أهداف التهوية الآلية عند مرضى ARDS:

إن الهدف الرئيسي من التهوية الآلية خلال سير الإصابة هوتقديم الدعم التنفسي للمريض ومساعدته على الشفاء، لذا يجب الا تتسبب المنفسة في زيادة شدة الأذية الالتهابية الرئوية وبالتالي تدهور حالة المريض.

من هذا المنطلق ظهرت استراتيجيات حماية الرئة Lung Protective Strategy والتي تعني استخدام حجوم منخفضة للتهوية (4-6ml/kg) وذلك لمنع فرط تمدد الأسناخ

وبالتالي تخفيض الضغط السنخي (Pplat<30) وبالتالي تجنب الرض الضغطي والرض الحجمي. ولكن التهوية بالحجوم المنخفضة تترافق مع خطورة الرض الإنخماصي (الإنفتاح والإنغلاق الطوري للأسناخ وقوى الشد على الأسناخ المجاورة وإطلاق الوسائط الالتهابية) لذا لا بد من الحفاظ على انفتاح الأسناخ باستخدام مقادير مناسبة من الـPEEP.

إن التهوية بالحجوم المنخفضة تؤدي إلى إنخفاض حجم التهوية بالدقيقة MV لذا يتم زيادة معدل الحركات التنفسية Rate (حتى 35/min) لزيادة MV وبالتالي تجنب فرط CO_2 ولكن يجب تجنب تطور احتباس هوائي AutoPEEP نتيجة انخفاض زمن الزفير. يمكن السماح عندها بفرط CO_2 مع قيم منخفضة لـ PH الدم الشرياني (PH = 7.30-7.45). إن أذية الرئة المحدثة بالمنفسة تعتبر أهم بكثير من الحماض الناتج عن فرط CO_2 لذا لا يعتبر فرط الكاربامية مشكلة كبيرة.

يجب الحفاظ على أكسجة شريانية جيدة، إن الهدف هوالوصول إلى إشباع شرياني جيد SaO2=88-95%. يمكن ضمان ذلك باستعمال مقادير مرتفعة من FiO_2 والـPEEP. إنه من غير المعروف ما هوأقل مقدار آمن مقبول للإشباع الأكسجيني والضغط الجزئي للأكسجين في الدم الشرياني. إن نقص الأكسجة الشديد يؤدي إلى الوفاة لذا يجب الحفاظ على أكسجة هؤلاء المرضى جيدة مهما كلف الثمن حتى لواضطررنا لزيادة FiO_2 أو الحجم الجاري أو ضغط الصفحة.

إن إضافة مقادير منخفضة من الـPEEP (5-7) أصبح معياريا خلال التهوية بالحجوم المنخفضة (للوقاية من الرض الإنخماصي) حيث لا فائدة إضافية من استعمال القيم الأعلى من ذلك.

استراتيجيات التهوية الآلية:

تم تطوير استراتيجيتين لتدبير مرضى ARDS على جهاز التهوية الآلية هما Open Lung Aproach و ARDSnet Aproach. كلا الإستراتيجيتين ينطلق من الأهداف التي

ذكرناها آنفاً: التهوية بحجوم منخفضة لمنع أذية الرض الضغطي والحجمي واستخدام مقادير مناسبة من الـ PEEP لمنع أذية الرض الإنخماصي ولكنهما يختلفان قليلا في طريقة تحقيق هذه الأهداف.

في Open Lung Aproach يتم استعمال نظام التهوية مضبوطة الضغط P.C، يتم الحفاظ على Pplat<30 مع مراقبة الحجم الجاري الناتج Vt، يتم استخدام مناورة التجنيد recruitment ومقادير عالية من الـPEEP للحفاظ على انفتاح الأسناخ ومنع انخماصها.

في ARDSnet Aproach يتم استعمال نظام التهوية مضبوطة الحجم V.C مع التركيز على استخدام حجوم منخفضة للتهوية ومراقبة Pplat، يتم وضع قيمة PEEP بناء على قيمة FiO2 المطلوبة للحفاظ على إشباع شرياني جيد من الأكسجين SaO2.

يستطب التركين وأحيانا الإرخاء العضلي في بعض مراحل الإصابة للتحكم بالتهوية (مناورة التجنيد وقلب نسبة التهوية) والحالة الهيموديناميكية الدورانية.

إن زيادة زمن الشهيق Ti (حتى الوصول للتهوية مقلوبة النسبة) يمكن أن تحسن من الأكسجة لأن الإصابة في ARDS غير متجانسة وبالتالي فإن الوحدات السنخية تحتاج أزمانا مختلفة للامتلاء والانفراغ. إن زيادة زمن الشهيق يمكن أن يجند عددا أكبر من الأسناخ للمشاركة في التبادل الغازي وذلك من خلال إعطاء الوحدات السنخية وقتا أطول للانفتاح.

:Open Lung Aproach

يتم استعمال نظام P.C حيث يتم ضبط مقدار الضغط الشهيقي I.P للحصول على حجم جاري Vt قدره 4-8ml/kg مع وضع الحدود العليا للضغط<30. يمكن أن يصل معدل التهوية Rate حتى 35/min مع السماح بفرط الكاربامية عند الضرورة. يكون مقدار الـPEEP المطبق(10-20) مع قيم أقل في مراحل الإصابة التليفية. توضع قيمة PEEP عالية في البداية ثم تخفض تدريجياً. يتم تطبيق مناورة التجنيد recruitment

قبل تطبيق الـPEEP. يوضع مقدار FiO2 حسب قيم الإشباع SaO2. إن إرتفاع قيمة الضغط السنخي أكثر أهمية من القيم العالية لـFiO2 وعادة يمكن أن نستعمل FiO2=60% دون مشكلة تذكر.

يمكن تلخيص إعدادات التهوية في هذه الإستراتيجية كما يلي:

- **Rate**: حسب متطلبات التهوية (Rate=VM/Vt)، يمكن رفعه حتى 35/min. يجب الانتباه إلى تجنب الـAutoPEEP .
- **IP**: يضبط بحيث يحقق قيمة Vt مناسبة (4-8ml/kg). يجب الا تتجاوز قيمته 30cm H2O.
- **Ti**: يجب أن يحقق تزامن المريض مع المنفسة (حوالي 1 ثا).
- **PEEP**: 10-20cm H2O.
- **FiO2**: يضبط حسب الإشباع SaO2.
- **MAP**: ليس من إعدادات المنفسة بل يتم مراقبته لدى المريض، يجب تقليله قدر الإمكان مع الحفاظ على إشباع أكسجيني جيد(20-25cmH2O).

تطبيق إستراتيجية Open Lung Aproach:

1. ضبط الإعدادات (حسب ما سبق ، نظام PCV)
2. تطبيق مناورة تجنيد الأسناخ Recruitment، رفع قيمة PEEP حتى 20، رفع FiO2 للحصول على الإشباع المناسب. يتم تخفيض قيمة PEEP تدريجياً.
3. ننظر إلى **PH** الدم الشرياني:
   - PH>7.45: تقليل **IP**، تقليلRate .
   - PH<7.25 : رفع IP إذا كان Pplat<30 أو زيادة Rate.
4. إذا كان 7.45>PH>7.25 ننظر إلى **SaO2**:
   - إذا كان SaO2>90%: تقليل FiO2، تقليل PEEP إذا كان FiO2<50%.
   - إذا كان SaO2<90%: نقوم بما يلي (مناورة التجنيد ، رفع PEEP، رفع FiO2).
5. عند بقاء الإشباع منخفضا رغم ما سبق يمكن اللجوء إلى الطرق البديلة مثل التهوية بوضعية الإستلقاء البطني Prone Position أو إنشاق NO.

:ARDSnet Aproach

يتم استخدام نظام V.C مع التركيز على التهوية بحجوم منخفضة. في دراسة ARDSnet Trail تم تعريض مجموعتين من مرضى التهوية الآلية إلى حجم جاري يعادل 6ml/kg و12ml/kg. لقد أدى استعمال حجم جار منخفض إلى تحسن قدره 22% في نسبة البقيا عند المرضى (NNT=12 أي أنه يتم إنقاذ حياة مريض واحد لكل 12 مريض عولجوا بهذه الطريقة). حيث انخفضت نسبة الوفيات من 40% إلى 31% لدى استعمال هذه الطريقة في التهوية.

يتم استعمال نظام V.A/C في التهوية، توضع قيمة Vt=6ml/kg (4-8)، يتم ضبط قيمة Vt بناء على وزن الجسم المثالي بالنسبة للطول حسب القاعدة:

IBW = 50 + 0.91 (height cm – 152.4) male

IBW = 45.5 + 0.91 (height cm – 152.4) female

تكون قيمة Pplat الهدف (25-30). يتم وضع قيمة PEEP بناء على قيمة FiO2 اللازمة لحفاظ على إشباع جيد وفق جدول محدد. يكون PH الدم الشرياني الهدف (7.30-7.45). يمكن السماح بمعدل حركات تنفسية عالي حتى 35/min للحفاظ على قيمة PH ضمن هذه الحدود.

تطبيق إستراتيجية ARDSnet Aproach:

1. وضع الإعدادات البدئية للمنفسة:

- حساب وزن المريض المثالي (حسب الطول).
- نظام التهوية: V.A/C.
- **Vt**: 6ml/kg.
- **Rate**: حسب متطلبات التهوية (Rate=VM/Vt)، يمكن رفعه حتى 35/min. يجب الانتباه إلى تجنب الـ AutoPEEP .
- **I:E**: 1:1 حتى 1:3.
- **PEEP** و**FiO2**: حسب الجدول التالي وذلك للحفظ على إشباع SaO2 مقبول (88-95%).

FiO2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
PEEP	5	8	8	10	10	10	12
FiO2	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1	
PEEP	14	14	14	16	18	20-24	

2. **Pplat**: الهدف Pplat<30، يجب مراقبته كل 4 ساعات وعند كل تعديل لقيم PEEP وVt.
   - Pplat>30: تخفيض Vt بمعدل 1ml/kg حتى 5ml/kg أو ربما 4ml/kg.
   - <30 Pplat وVt<6ml/kg: يمكن زيادة Vt بمعدل 1ml/kg حتى الوصول لقيمة Vt=6ml/kg أو Pplat>25.
   - عند حدوث عسرة تنفسية شديدة يمكن رفع Vt حتى 7-8ml/kg شريطة أن يبقى Pplat<30.
3. **PH** الدم الشرياني: الهدف PH=7.30-7.45.
   - 7.30>PH>7.15: زيادة Rate حتى يصبح PH>7.30 أو PaCO2<25. إذا كان PH<7.30 مع Rate=35 يمكن إعطاء البيكربونات (لا تعطى عادة).
   - PH<7.15: زيادة Rate حتى 35، بعدها يمكن اعطاء البيكربونات. يمكن زيادة Vt بمعدل 1ml/kg حتى يصبح PH>7.15 (يمكن تجاوز القيمة العظمى لـPplat حتى 35)
   - PH>7.45: تقليل Rate، الحد الأدنى المقبول هو6.

فرط الكاربامية المتعمد PHV Permissive Hypercapnia:

ليس استراتيجية بحد ذاته بل هو نتيجة للتهوية بالحجوم المنخفضة حيث تنخفض التهوية الكلية وتزداد نسبة تهوية الحيز الميت. تعتبر أثراً جانبياً محتملاً ما دامت الأكسجة النسيجية جيدة. إن فرط الكاربامية ليس هدفا بحد ذاته بل هو نتيجة ثانوية للمحاولات الهادفة إلى منع تمدد الرئة.

إن مقدار تحمل فرط PaCO2 والحماض الناتج غير واضح لكن عادة تعتبر مقادير PaCO2 (70-60) وPH (7.25-7.20) آمنة لدى معظم المرضى شريطة بقاء الأكسجة النسيجية كافية.

أحد مشاكل فرط الكاربمية هوتحريض مراكز التنفس في جذع الدماغ الذي يؤدي إلى فرط تهوية شديد حيث قد يتطلب الأمر استعمال المرخيات العضلية لحل مشكلة التزامن مع المنفسة.

تشمل مضادات الإستطباب كل مما يلي:

- التأهب لارتفاع الضغط داخل القحف (نزف، ورم) والصرع (يؤدي فرط CO2 إلى تخفيض عتبة الاختلاج).
- عدم الثبات الهيموديناميكي: لان فرط CO2 يؤدي إلى تثبيط الإستجابة الودية.
- العلاج بحاصرات بيتا: لا بد من استجابة ودية كافية للحفاظ على الثبات الهيموديناميكي.

عندما تزداد قيم PaCO2 بشكل تدريجي يكون الحماض الناتج معتدلا (بسبب المعاوضة الكلوية) ويتم تحمل ارتفاع PaCO2 بشكل معقول. يتم السماح لفرط CO2 بشكل تدريجي بفواصل 10mm Hg حتى الوصول إلى قيمة 80mm Hg حيث يجب الحذر عندها.

إن موضوع معاكسة الحماض الناتج عن PHV موضع خلاف ولكن ينصح البعض بمعاكسة الحماض الناتج عن PHV من خلال التسريب الوريدي لمحلول بيكربونات الصوديوم وذلك للحفاظ على قيمة PH (7.15-7.20). يمكن تحقيق ذلك من خلال التسريب الوريدي المستمر (1 ليتر سيروم سكري 5% + 100meq بيكربونات الصوديوم) بمعدل 75-100 مل/سا.

التهوية الرئوية في حالات خاصة

الداء الرئوي الإنسدادي المزمن COPD

مقدمة:

يشكل مرضى الداء الرئوي الإنسدادي المزمن COPD تحديا هاما عندما تتطلب حالتهم السريرية بدء التهوية الآلية، لأن الحالة المرضية الأساسية للمريض تجعل الفطام صعبا إن لم يكن مستحيلاً.

يشكل هؤلاء المرضى جزءاً هاماً من مرضى التهوية الآلية. يتسم هذا المرض بوجود التهاب مع فرط ارتكاس في مخاطية الطرق الهوائية إضافة للمفرزات القصبية الغزيرة وغياب تكامل البنية النسيجية السليمة للنسيج الرئوي. يؤدي ذلك إلى إعاقة الجريان في الطرق الهوائية وبالتالي زيادة المقاومة والإحتباس الهوائي AutoPEEP، يؤدي الإحتباس الهوائي إلى زيادة المجهود التنفسي وخلل وظيفة العضلات التنفسية.

يحدث خلل وظيفة العضلات التنفسية نتيجة للإحتباس الهوائي لدى مرضى COPD حيث يتسطح الحجاب الحاجز وبالتالي تقل فعالية تقلصه أثناء الشهيق وتصبح العضلات التنفسية المساعدة هي المجموعة العضلية الرئيسية في التنفس الطبيعي. تؤدي تلك التبدلات المزمنة إلى نقص احتياطي الوظيفة العضلية واحتمال حدوث تعب تنفسي شديد لدى أقل زيادة بسيطة في عمل تلك العضلات.

يعد الـAutoPEEP أحد نتائج التبدلات في ميكانيكيات الرئة (زيادة المقاومة وإعاقة الجريان) حيث يؤدي احتباس الهواء ضمن الأسناخ إلى تشكل ضغط إيجابي بداخله في نهاية الزفير نسبة للضغط الجوي. يكون مستوى الإحتباس الهوائي متبدلا بين الأسناخ (heterogeneous) وبالتالي فإن مقدار الـAutoPEEP المقيس خلال التهوية الآلية (بإجراء فترة توقف زفيري) يعبر عن المقدار الوسطي للـAutoPEEP لكامل الوحدات الرئوية.

إن زيادة ثابت الزمن لدى مرضى COPD كنتيجة لزيادة المقاومة وزيادة المطاوعة أيضا يعني تطلب زمن أطول لإنفراغ الأسناخ الرئوية ومنع الإحتباس الهوائي. إن وجود الـAutoPEEP لدى المريض يتطلب زيادة المجهود التنفسي لديه للتغلب عليه وخلق مدروج ضغطي كافي لإدخال الهواء إلى الأسناخ خلال الشهيق (زيادة المجهود التنفسي).

من الشائع لدى مرضى COPD أثناء التفاقمات الحادة لمرضهم وجود عوز غذائي لديهم. يؤدي العوز البروتيني واضطراب الشوارد الناتج إلى تفاقم شدة الحالة المرضية لدى هؤلاء المرضى. يجب الاهتمام بموضوع التغذية بشكل جيد في المراحل الحادة للإصابة. في مرحلة الفطام يجب الإنتباه جيدا للموازنة بين الكربوهيدرات والدسم في الوجبات الغذائية وذلك لتخفيف الإنتاج الزائد لغاز CO2.

تتسم حالة COPD بما يلي:

- زيادة المقاومة في الطرق الهوائية.
- زيادة المطاوعة في النسيج الرئوي.
- زيادة ثابت الزمن.
- وجود احتباس هوائي AutoPEEP.
- زيادة المجهود التنفسي.
- حجم التهوية بالدقيقة MV: طبيعي أو زائد.
- خلل التطابق بين التهوية - التروية.
- خلل في الانتشار.

استطبابات التهوية الآلية لدى مرضى COPD:

يجب تجنب التهوية الآلية لدى مرضى COPD قدر الإمكان (رغم أنها قد تنقذ الحياة)، تكون نسبة المراضة المرتبطة بالتهوية الآلية الغازية مرتفعة لدى هؤلاء المرضى (الإستنشاق، الرض الضغطي، الأخماج المشفوية، الآثار الجانبية القلبية) ويصبح الكثير من هؤلاء المرضى معتمدين على المنفسة بمجرد وضعهم عليها. لذا

فقد أصبحت التهوية الآلية غير الغازية NPPV البديل الرئيسي خلال التفاقمات الحادة لمرضى COPD وذلك عند المرضى المناسبين (مريض واع، متعاون، قادر على التخلص من المفرزات، ثبات الحالة الهيموديناميكية).

يعتمد قرار بدء التهوية عند مرضى COPD على المعطيات السريرية وليس على المعطيات الرقمية. تشمل استطبابات التهوية الآلية عند مرضى COPD كلا مما يلي:

- معاكسة نقص الأكسجة الشديد المعند على العلاج بالأكسجين (عبر القنية الأنفية أو القناع).
- معاكسة الحماض التنفسي الشديد الناتج عن الحالة المرضية المسببة أو الاستعمال الخاطئ للأكسجين.
- تخفيف العسرة التنفسية وإراحة العضلات التفسية حتى زوال المرض المسبب للتفاقم الحاد أو تحسنه.

إن السبب الرئيسي لوضع المريض على المنفسة وتدهور التبادل الغازي المعند على العلاج المحافظ إضافة للموجودات السريرية التي تشير لعسرة تنفسية شديدة أو مترقية مثل: الزلة الشديدة، تسرع التنفس، رقص خنابتي الأنف، استعمال العضلات التنفسية المساعدة، السحب بين الأضلاع، النبض التناقضي، التعرق، الحركة العجائبية للصدر وجدار البطن.

أهداف التهوية الآلية في مرضى COPD:

احد الأمور الأساسية أثناء ضبط إعدادات التهوية هو تحقيق التزامن الأمثل بين المريض والمنفسة وبالتالي تجنب الجهد التنفسي الزائد. عادة لا يتطلب هؤلاء المرضى تركيناً شديداً أو إرخاء ما لم يكن لديهم حالة مرضية شديدة تتطلب ذلك. يمكن استعمال نظام التهوية مضبوطة الضغط أو مضبوطة الحجم لدى هؤلاء المرضى.

في التهوية مضبوطة الحجم يجب وضع معدل جريان مرتفع ليناسب احتياجات المريض التنفسية ويقلل المجهود التنفسي. يجب أن يكون معدل الجريان الشهيقي

الأعظمي > 60 لينتج زمن شهيق Ti يعادل (0.6 sec). يكون نموذج الجريان التهابطي مفضلاً عند هؤلاء المرضى (يحقق توزعاً متجانساً للتهوية ويقدم معظم الحجم الجاري في بداية الشهيق).

يوضع معدل الحركات التنفسية ليناسب احتياجات المريض ويمنع تشكل AutoPEEP ، يوضع عادة 10-12 b/min. يتم وضع قيم معتدلة للحجم الجاري 8-10ml/kg ما لم يكن هناك حالة مرضية أخرى تستدعي تقليل الحجوم أكثر من ذلك. الهدف هو استعمال حجوم متوسطة ومعدل حركات منخفض للحفاظ على حجم تهوية بالدقيقة جيد ومنع تشكل AutoPEEP.

يجب الإهتمام بمنع تشكل AutoPEEP ومعاكسة آثاره خلال مراحل التهوية، وذلك من خلال سحب المفرزات المتكرر ومنع التشنج القصبي (الموسعات القبية والستروئيدات) ووضع الإعدادات المناسبة للمنفسة.

إن العلامة الأفضل لل AutoPEEP هي الإختلاف بين معدل الحركات التنفسية للمريض واستجابة المنفسة لتلك الحركات. إن تطبيق مقدار مناسب من الـPEEP في هذه الحالة يتغلب على مشكلة تحسيس المنفسة (يعاكس تأثير الـAutoPEEP). يتم زيادة مقدار الـ PEEP تدريجياً بمقادير 1-2cm H_2O حتى يتعادل معدل الحركات التنفسية لدى المريض واستجابة المنفسة له، يكون ذلك المقدار عادة(5-10cmH_2O).

نادرا ما يتطلب هؤلاء المرضى مقادير عالية من FiO_2 >50%، ما لم يكن هناك اختلاطات مرافقة (ذات رئة مثلاً). يكن مقدار PaO_2 (55-75mm Hg) مناسباً لدى هؤلاء المرضى.

يجب تجنب إحداث فرط تهوية لدى مرضى COPD، حيث يجب إعادة $PaCO_2$ إلى مقداره الأساسي عند المريض قبل التفاقم الحاد في حالته المرضية. عادة يكون ذلك المقدار (50-60mm Hg) مع قيم 7.30< PH لدى أغلب المرضى. السبب أن الحالة الأساسية لدى هؤلاء المرضى هي القصور التنفسي المزمن الذي يتسم باحتباس مزمن لـ

CO_2 مع معاوضة كلوية جيدة باحتباس البيكربونات وقيم جيدة لـ PH. إن احداث فرط تهوية وتخفيض قيم $PaCO_2$ إلى قرب الطبيعي (40-45) يحرض الكلية لطرح البيكربونات الفائضة. يؤدي الفطام هنا إلى احتباس حاد لـCO_2 وحدوث حماض تنفسي شديد بغياب البيكربونات الدارئة وبالتالي عودة القصور التنفسي الحاد.

يكون معظم هؤلاء المرضى عند وضعهم على المنفسة بحالة انهاك شديد نتيجة أيام من انكسار المعاوضة، لذا ينصح بالراحة التنفسية التامة على المنفسة خلال المراحل الأولى للتهوية (24-48 سا)، يتم بعدها تقييم إمكانية الفطام.

إعدادات التهوية البدئية:

- **النظام**: (P or V) A/C.
- **Rate**: 8-12/min.
- **Vt**: 6-8ml/kg مع المحافظة على Pplat < 30.
- **Ti**: 0.6-1.2 sec (Ins Flow >60).
- **PEEP**: < 5 أو حسب الحاجة لمعاكسة Auto PEEP.
- **FiO2**: عادة < 50% مع التعديل حسب PaO_2.
- **موجة الجريان**: تهابطي.

إستراتيجية التهوية لدى مرضى COPD:

1. وضع الإعدادات:
2. PaO_2: < 55mm Hg: زيادة FiO_2

   > 55mm Hg: تقليل FiO_2
3. PH: < 7.30: زيادة rate أو زيادة Vt (Pplat<30).

   > 7.45: تقليل rate أو تقليل Vt (Pplat>30).
4. Auto PEEP: سحب المفرزات، تطبيق الموسعات رفع مقدار PEEP، تقليل VT، تقليل Rate.

الفطام لدى مرضى COPD:

يجب في البدء التأكد من أن سبب بدء التهوية والوضع على المنفسة قد زال لدى المريض (شفاء الحالة المرضية المسببة) مع غياب أي مشكلة رئوية حادة لدى المريض (انتان مثلا). ثم يجب تحسين الوضع القلبي لدى المريض لأن أغلب هؤلاء المرضى يكون لديهم مشاكل قلبية تستدعى التهوية الآلية بحد ذاتها. كما يجب التركيز على التوازن الصحيح للسوائل والحالة التغذوية (تؤثر على وظيفة العضلات التنفسية وعلى إنتاج CO_2). يجب أيضا التأكيد على الراحة الجيدة للمريض قبل البدء بالفطام (فترات نوم مناسبة).

بعض المرضى لا يستطيعون الفطام عن المنسة رغم تحقق معايير الفطام، في هذه المجموعة يمكن تجربة التهوية الآلية غير الغازية كجسر نحوالفطام النهائي.

التهوية الرئوية في حالات خاصة

الحالة الربوية Status Asthmaticus

مقدمة:

إن العلاج المكثف بمشابهات بيتا الإنشاقية والستيروئيدات الجهازية يكون عادة كافيا لتحسين الوظيفة الرئوية في مرضى النوب الربوية الشديدة (الحالة الربوية) ولكن لسوء الحظ فإن بعض المرضى لا يتحسنون على ذلك العلاج، وهنا يكون من الهام الإنتباه السريع للتدهور السريري لحالة المريض والتداخل قبل انكسار المعاوضة القلبي التنفسي. يجب تذكر صعوبة وتعقيد تدبير مرضى الربو على المنفسة وترافقه بنسبة عالية من المراضة.

في هجمات الربو الحاد الشديدة تزداد مقاومة الطرق الهوائية بشدة لدرجة أن مقدارا ضئيلا فقط من الهواء يدخل إلى الأسناخ الرئوية (تغيب الأصوات التنفسية في محيط الساحة الرئوية). قد تمتلئ الطرق الهوائية بمواد مخاطية كثيفة مع حدوث تشنج قصبي شديد إضافة للوذمة المخاطية (قد يزيد ذلك من صعوبة التنبيب الرغامي عند ضرورته).

يكون لدى مرضى الربو مقدار عالي من الاحتباس الهوائي Auto PEEP وذلك نتيجة للتشنج وتشكل صمام وحيد الاتجاه (مفرزات مع تشنج قصبي)، يؤدي ذلك الاحتباس الهوائي إلى زيادة السعة الوظيفية الباقية FRC وبالتالي يحدث التنفس العفوي على الجزء الأقل مطاوعة في مخطط ضغط - حجم (راجع ص 67) وهذا أيضا يزيد من المجهود التنفسي.

الإستطبابات:

يعتمد قرار بدء التهوية الآلية عند مرضى الربو على التقييم السريري لقدرة المريض على الاستمرار بالتهوية الفعالة ريثما تصبح المعالجة الدوائية فعالة. إن زيادة التعب واستمرار أو زيادة احتباس CO2 وانخفاض معدل الحركات التنفسية يتطلب عادة البدء بالتهوية الآلية.

تستطب التهوية الآلية عادة عند فشل التبادل الغازي (قصور تهوية حاد ، قصور تهوية وشيك، نقص أكسجة شديد). إن هؤلاء المرضى يكونون عادة من الشباب لذا فإنهم يحافظون على مقدار جيد من التهوية رغم شدة الحالة لديهم (يظل PaCO2<40 mm Hg حتى مراحل متأخرة) حتى استنفاذ كامل طاقتهم. عند تلك المرحلة يتطور احتباس CO2، ولكن عند الوصول لهذه المرحلة قد يتطور ارتفاع كاربمية وحماض تنفسي شديد لدى هؤلاء المرضى. لذا ينصح البعض ببدء التهوية الآلية عند تجاوز قيمة PaCO2 40mm Hg.

يجب استعمال أنبوب رغامي ذو قطر كبير عند هؤلاء المرضى لتخفيف المقاومة وتسهيل سحب المفرزات. إن تطور هبوط ضغط شديد عند بدء التهوية الآلية ينتج عادة عن التغير المفاجئ للضغط ضمن الصدر (من سلبي إلى إيجابي) أو نتيجة الأدوية المستخدمة أثناء التنبيب وتستجيب هاتان الحالتان لتسريب السوائل، أو نتيجة لتشكل ريح صدرية ضاغطة أو مقدار عالي من الـAuto PEEP.

إعدادات التهوية الآلية:

إن الهدف الرئيسي في ضبط اعدادات المنفسة هومكافحة الـAutoPEEP. يعني ذلك اللجوء إلى فرط الكاربامية المتعمد بسبب التهوية بحجوم منخفضة ومعدل حركات تنفسية منخفض خاصة في المراحل الأولى للعلاج. أثناء التهوية الآلية يجب الاستمرار قدما بالعلاج الدوائي للربو(الموسعات القصبية الإنشاقية والستيروئيدات الجهازية).

يفضل اعتماد التهوية مضبوطة الحجم عند هؤلاء المرضى حيث يسمح للضغط القمي في الطرق الهوائية بالوصول حتى 60-70mm Hg ولكن يجب أن يبقى ضغط الصفحة أقل من 30mm Hg. يجب إعطاء التركين المناسب لمنع عدم التزامن مع المنفسة وقد نضطر لإعطاء المرخيات العضلية عند بعض المرضى (مع تجنب ذلك قدر الإمكان خاصة بسبب الفعل التآزري لهذه الأدوية مع الستيروئيدات حيث تزداد خطورة الاعتلال العصبي التالي لاستعمال المرخيات. يمكن استعمال Atracurium,Vecuronium عند هؤلاء المرضى بأمان.

لتقليل مقدار الـAutoPEEP نلجأ للتهوية بحجوم منخفضة (4-8ml/kg) مع معدل حركات تنفسية منخفض(10-12 b/min) ولكن يمكن رفع معدل الحركات التنفسية حتى (15-20 b/min) في العديد من المرضى دون زيادة ملحوظة في مقدار الـAutoPEEP المتشكل (تختلف الإستجابة من مريض لآخر).

تؤدي الإستراتيجية السابقة إلى احتباس CO2، إن الحفاظ على PH>7.20 هو القاعدة الأساسية حيث طالما كانت الأكسجة النسيجية جيدة فإن خطورة فرط الكاربمية أقل بكثير من خطورة الرض الضغطي.

يجب تقليل زمن الشهيق قدر الإمكان للسماح بزمن زفير كافي (1-1.5sec يعتبر كافيا). يكون معدل الجريان الشهيقي المناسب عادة <60L/min (80-100L/min).

يمكن استخدام مقادير عالية من الـPEEP لمعاكسة تأثير الـAutoPEEP في تحسيس المنفسة من قبل المريض (موضع خلاف). عند رفع مقدار الـPEEP على المنفسة يجب ألا تصل قيمته إلى المقدار الذي يزيد مقدار الـPEEP الكلي ويسبب زيادة ضغط الصفحة والضغط القمي.

الإعدادات:

- **النظام:** V A/C.
- **معدل الحركات:** 8-10/min.
- **Vt :** 4-8ml/kg مع الحفاظ على Pplat<30.
- **Ti :** 1-1.5sec مع تجنب حدوث Auto PEEP.
- **PEEP :** يمكن رفعه لمعاكسة أثر Auto PEE.
- **FiO2 :** نبدأ بـ 100% ويخفض تدريجياً.

التخدير العام:

في بعض الحالات تكون إعاقة الجريان شديدة لدرجة عدم القدرة على الحفاظ على PaCO2<90mm Hg عند المريض رغم التركين والإرخاء والعلاج بجرعات عالية من الموسعات القصبية الإنشاقية والستيروئيدات الجهازية. في مثل هذه الحالات يمكن تسهيل عملية التهوية بالتخدير العام للمريض وذلك إما باستعمال الكيتامين وريديا أو الإيزوفلوران إنشاقاً. قد ينكس التشنج القصبي عند زوال تأثير التخدير العام. تستعمل هذه المقاربة عادة لمدة 2-12 سا ريثما يتم إضافة علاج جديد مناسب للمريض.

التهوية الرئوية في حالات خاصة

أذيات الرأس

مقدمة:

بسبب كون الحيز داخل القحف محدود وغير قابل للتوسع فإن زيادة الحجم داخل القحف تؤدي إلى زيادة الضغط داخل القحف ICP ، تؤدي زيادة الضغط داخل القحف إلى انخفاض الجريان الدموي إلى الدماغ وبالتالي نقص الأكسجة الدماغية وازدياد الأذية. إن جزءاً كبيراً من تدبير أذيات الرأس يعود إلى التحكم بالضغط داخل القحف ICP. يعرف ضغط الإرواء الدماغي CCP بأنه الفرق بين الضغط الشرياني الوسطي MAP والضغط داخل القحف ICP.

$$CCP = MAP - ICP$$

يكون ICP عادة < 10mm Hg ، MAP حوالي 90mm Hg وبالتالي يكون CCP حوالي 80mm Hg.

إن انخفاض CCP إلى أقل من 60mm Hg يحمل إنذاراً سيئاً.

ينخفض ضغط الإرواء الدماغي إما نتيجة انخفاض MAP أو زيادة ICP وبالتالي فإن المعالجات التي تخفض MAP (التهوية الآلية بالضغط الإيجابي، المدرات، الموسعات الوعائية) تقلل CCP بينما المعالجات التي تقلل ICP (فرط التهوية ، المانيتول) تزيد CCP.

إن إرتفاع ICP يؤدي إلى نموذج تنفس مضطرب (شاين ستوكس، فرط تهوية مركزي، توقف التنفس). كما قد يسبب الارتفاع المفاجئ في قيمة الضغط داخل القحف إلى وذمة رئوية عصبية المنشأ وهي وذمة رئوية غير قلبية لا يمكن تمييزها سريرياً عن ARDS (حيث تنخفض المطاوعة ويكون الشنط داخل الرئوي كبيراً ويحدث نقص أكسجة شديد ، يتم تدبيرها بشكل مماثل لحالات ARDS (الأكسجة وPEEP).

استطبابات التهوية الآلية:

- تثبيط تنفسي نتيجة الأذية العصبية الأولية.
- أذيات رضية متعددة (الفقرات، الصدر، البطن).
- الوذمة الرئوية عصبية المنشأ.
- العلاج بالأدوية المثبطة للتنفس (باربيتورات، المركنات، المرخيات).

أهداف التهوية الآلية:

يجب الانتباه لتجنب الضغوط المرتفعة ضمن الصدر والتي قد تسيء بشكل كبير إلى ضغط الإرواء الدماغي CCP لأنها تقلل العود الوريدي للقلب (بالتالي زيادة ICP) كما تقلل النتاج القلبي (انخفاض الضغط الشرياني الوسطي MAP).

في الماضي كان العلاج التنفسي لمرضى رضوض الرأس يتضمن استعمال فرط التهوية (لتقليل PaCO2 وبالتالي تخفيض ICP بسبب التقبض الوعائي الناتج) ولكن لم تبد هذه الطريقة تحسنا في البقيا لدى المرضى لذا لم تعد مستطبة بشكل عام. يمكن اللجوء لفرط التهوية بشكل مؤقت في حالات الزيادة الحادة في الضغط ضمن القحف ICP (نزف دماغي، ورم) ريثما تضاف المعالجات الأخرى لتخفيض ICP. خلال فرط التهوية يتوازن الدماغ سريعا مع تبدلات PaCO2 وتحدث حالة توازن جديد خلال 4-6 ساعات. يجب ألا تنخفض قيمة PaCO2عن 25 mm Hg عند اللجوء لهذه الطريقة. كما يجب تخفيف فرط التهوية تدريجياً لتجنب ارتفاع ICP الشديد عند عودة PaCO2 سريعاً إلى السواء.

إعدادات المنفسة:

يفضل البدء بتحكم كامل للوظيفة التنفسية (CMV). عادة لا توجد مشكلة في أكسجة هؤلاء المرضى (ما لم يكن هناك وذمة رئوية) لذا يمكن تخفيض مقدار FiO2 إلى المقادير الآمنة سريعاً. يكون مقدار PEEP حوالي 5 مناسبا وكافياً، عادة لا يؤدي مقدار PEEP<10 إلى التأثير على ICP.

يمكن استعمال التهوية مضبوطة الضغط أو مضبوطة الحجم. يتم وضع حجم جاري يعادل 10-12ml/kg مع Pplat<30 مالم يكن هناك أذية رئوية تضطرنا لتخفيض قيمة Vt. يكون زمن الشهيق 1 ثا كافيا عادة. يوضع معدل الحركات التنفسية 16-20 b/min مع مراقبة قيم PH وPaCO2.

الإعدادات:

- النظام: V CMV (A/C).
- **Vt**: 10-12ml/kg مع Ppat<30.
- **Rate**: 16-20 يمكن رفعه حتى 30 لتخفيض ICP مع تجنب تشكل Auto PEEP.
- **Ti**: 1 ثا.
- **PEEP**: 5.
- **FiO2**: نبدأ بـ 100% ويخفض تدريجياً.

العسرة التنفسية والإنذارات

مقدمة:

عند بروز مشكلة ما لدى مريض موضوع على التهوية الآلية يجب في البدء أن نحدد الوضع: هل هو إسعافي وحرج؟ هل يتطلب المريض تداخلا سريعاً (إنعاش قلبي رئوي مثلا)؟ انظر إلى المريض: هل هناك زرقة ما؟ هل جدار الصدر يتحرك بشكل متناظر؟ ما هو الإشباع الأكسجيني SaO2 ؟ ما هي الحالة الهيموديناميكية للمريض (الضغط الشرياني، النبض، نظم القلب..) ؟ هل إصغاء الأصوات التنفسية متناظر في نصفي الصدر؟

قد تدل العسرة التنفسية على تطور اختلاط هام مهدد للحياة عند المريض لذا لا بد من تقييم سريع ومركز للحالة المرضية. من العلامات السريرية للعسرة التنفسية: القلق، الهياج، تسرع القلب، ازدياد عدد مرات التنفس، استعمال العضلات التنفسية المساعدة.

المرحلة الثانية هي **تشخيص الحالة**: هل هناك خلل ما لدى المريض أو لدى المنفسة؟ يمكن ببساطة فصل المريض عن المنفسة والقيام بالتهوية الآلية بالآمبو. عند تحسن الحالة فالمشكلة تكمن في المنفسة أو في ضبط إعداداتها وإلا فالمشكلة في المريض أو الأنبوب الرغامي. إن خطأ ضبط إعدادات المنفسة أمر شائع جداً (معدل الحركات Rate، نسبة الحساسية، معدل الجريان القمي).

في حال عدم معرفة السبب يجب إجراء صورة للصدر وغازات دم شريانية وتخطيط قلب كهربائي. يشمل تقييم المريض كلا مما يلي: (القصة المرضية والفحص السريري، تقييم التبادل الغازي، مراجعة إعدادات المنفسة، تقييم ميكانيكيات الرئة، صورة الصدر).

تؤخذ القصة من الطاقم الطبي الذي يشرف على حالة المريض حيث يمكن أن نحصل على معلومات عديدة (تغير قوام وكمية المفرزات القصبية، إدخال دواء جديد

في العلاج، تغيير إعدادات المنفسة). يجب أن يركز الفحص السريري للمريض على إصغاء الصدر (تشنج قصبي، تغير لحن الأصوات التنفسية، علامات فرط الحمل الدوراني).

في البداية يجب أن تكون على دراية جيدة بجهاز التهوية الآلية المتوفر لديك فالأشكال التجارية تختلف عن بعضها قليلا في الإعدادات وطريقة ضبطها.

يمكن أن نصادف أحد المشاكل التالية عند حدوث مشكلة ما لدى مريض المنفسة:

- هبوط الضغط الشرياني.
- ارتفاع الضغوط ضمن الطرق الهوائية.
- عدم التزامن مع المنفسة.
- انخفاض الإشباع SaO2.

هبوط الضغط الشرياني:

أحد أهم الأسباب الشائعة لهبوط الضغط الدموي عند وضع المريض على جهاز التهوية هونقص الحجم الدوراني حيث تتفاقم الحالة عند وضع المريض على المنفسة (ضغط إيجابي ضمن الصدر يعيق العود الوريدي ويقلل نتاج القلب كما يقلل الحمل البعدي). من الأسباب الأخرى لهبوط الضغط:

- **الأدوية**: خاصة الأدوية التخديرية المستعملة لتسهيل التنبيب والوضع على المنفسة (المرخيات، المركنات..) حيث أن لها تأثيرات سلبية على القلب والأوعية الدموية. تستجيب الحالة عادة لتسريب السوائل الوريدية.
- **تشكل إحتباس هوائي AutoPEEP**: أقل شيوعاً حيث يؤدي ذلك إلى خلق ضغط إيجابي ضمن الصدر يعيق العود الوريدي ويخفض نتاج القلب (إذا كان شديدا قد يسبب توقف القلب). عند توقع وجود Auto PEEP يمكن ببساطة فصل المريض عن المنفسة (يسمح ذلك للهواء المحتبس بالخروج) حيث يتأكد تشخيص الحالة بحدوث تحسن سريع في قيم الضغط الشرياني (خلال 6-10 ثا).

- الريح الصدرية الموترة: تبقى احتمالاً وارداً رغم كونه نادراً وتكمن أهمية هذا التشخيص في سهولة علاجه عند تشخيصه (تفجير صدر) وعواقبه المميتة أحياناً عند عدم تشخيصه.

ارتفاع الضغوط ضمن الطرق الهوائية:

مشكلة هامة لدى مريض المنفسة بسبب خطورة الرض الضغطي كما أنها قد تدل على تدهور الحالة المرضية للمريض وتؤدي إلى عدم كفاية التهوية.

في حال ارتفاع قيمة الضغط القمي المسجل في الطرق الهوائية PIP يجب معرفة قيمة ضغط الصفحة Pplat (الضغط في نهاية الشهيق) حيث يتم معرفة قيمته في معظم المنفسات بإجراء فترة توقف شهيقي.

إذا كان ارتفاع قيمة PIP مترافقاً مع ارتفاع قيمة Pplat فالمشكلة ليست في الطرق الهوائية بل في البرانشيم الرئوي أو جدار الصدر (انخفاض المطاوعة الصدرية). الأسباب المحتملة: تدهور الحالة المرضية (وذمة رئة، نزف منتشر، ARDS)، ريح صدرية، انصباب جنب، حبن شديد.

إذا كان إرتفاع قيمة PIP غير مترافق بارتفاع قيمة Pplat فالمشكلة في الطرق الهوائية (ازدياد المقاومة). الأسباب المحتملة: تجمع ماء في دارة المنفسة، عض الأنبوب، مفرزات غزيرة، تشنج طرق هوائية.

عدم التزامن مع المنفسة Dysynchrony:

يحدث عدم التزامن بين المريض و المنفسة في مختلف مراحل الحركة التنفسية (البدء، الجريان القمي، الانتقال إلى الزفير). هناك العديد من الأسباب المحتملة منها ما يتعلق بالمريض والآخر بضبط إعدادات المنفسة. يجب البحث عن سبب عدم التزامن وعلاجه بشكل دقيق وليس زيادة التركين والإرخاء ببساطة.

من الأسباب المتعلقة بالمريض: نقص الأكسجة، فرط الكاربامية، القلق، الهياج، الألم، الهذيان، الأذيات العصبية (فرط التهوية المركزي).

من الأسباب المتعلقة بالمنفسة:

- نظام التهوية: A/C أو SIMV.
- معدل الحركات التنفسية الإجباري (Rate) في نظام SIMV أقل من المطلوب.
- عتبة الحساسية عالية: خاصة بوجود Auto PEEP حيث يصعب تحسيس المنفسة.
- نسبة I:E: خاصة عند قلب نسبة التهوية حيث لا يتحملها المريض بشكل جيد أو أن زمن الشهيق طويل بشكل غير مناسب وبالتالي يقوم المريض بالزفير الفاعل أثناء الشهيق المقدم من المنفسة.
- معدل الجريان القمي Peak Flow: في نظام التهوية مضبوطة الحجم V.C لا يمكن للمريض زيادة معدل الجريان عند رغبته بذلك عكس نظام التهوية مضبوطة الضغط P.C.

في حال عدم وجود سبب واضح لعدم التزامن يمكن زيادة التركين للحصول على التزامن المطلوب.

نقص الإشباع SaO2:

في حال نقص إشباع المريض على المنفسة يجب معرفة سبب ذلك: هل هو عائد للمريض أم للمنفسة؟ قم بزيادة FiO2 حتى 100% وراقب حركة جدار الصدر، تأكد من ثبات الوضع الهيموديناميكي للمريض.

من الأسباب المتعلقة بالمريض: جميع الحالات التي تسبب فشل أكسجة ولكن يجب الانتباه لسببين هامين على المنفسة هما: تشكل ريح صدرية وحدوث صمة رئوية.

يجب تذكر إنخماص الأسناخ Derecruitment كسبب لنقص الأكسجة والذي يحدث عادة عند فصل دارة المنفسة بغاية سحب المفرزات القصبية خاصة عند تطبيق مقادير عالية من الـPEEP. في هذه الحالة يمكن اللجوء لمناورات التجنيد recruitment لحل المشكلة.

أذية الرئة المحدثة بالمنفسة VILI

سنتطرق في هذا البحث للمواضيع التالية:

- الرض الضغطي Barutrauma.
- الرض الحجمي Volutrauma.
- الرض الإنخماصي Atelectrauma.
- الرض الحيوي Biotrauma.
- الإنسمام بالأكسجين Oxygen Toxicity.
- ذات الرئة المترافقة مع المنفسة VAP.

الرض الضغطي والرض الحجمي:

تحدث أذية الرئة المحدثة بالمنفسة VILI عندما تتأذى الرئة بشكل مباشر نتيجة للتهوية الآلية.

تاريخياً لقد كانت الأذية الأكثر ترافقاً مع التهوية الآلية هي الرض الضغطي حيث يؤدي تعرض الأسناخ لضغوط عالية إلى تمزق الحاجز السنخي الشعري وتسرب الهواء عبر النسيج الرئوي وبالتالي فقد تحدث ريح صدرية أو ريح منصفية أو ريح بريتوانية أو ريح تحت الجلد. إن زيادة الضغط المطبق يزيد من خطورة الرض الضغطي.

من عوامل الخطورة لذلك: نمط الإصابة الرئوية (أعلى في مرضى ARDS)، سوء التغذية، فرط تمدد الأسناخ، وجود انسمام أكسجيني مرافق، نقص مطاوعة الرئة.

لقد كانت الإصابة تعزى في البداية إلى زيادة الضغط المطبق (الرض الضغطي) لكن تبين مؤخرا أن أذية فرط تمدد الأسناخ تحدث نتيجة زيادة الحجم أكثر منها نتيجة زيادة الضغط (في النماذج الحيوانية تم تطبيق ضغوط عالية على الرئة مع السماح للرئة بالتمدد في أحد المجموعات ومنعها من التمدد في المجموعة الثانية ، حيث حدثت الأذية بشكل أوضح في المجموعة الأولى)، لذا تم تعديل المصطلح ليصبح الرض الحجمي.

الرض الحيوي Biotrauma:

إن تعـرض الرئـة طبيعيـة لحجـوم عاليـة 10-15ml/kg يـؤدي إلى حـدوث التهـاب برانشيمي وزيـادة النفوذيـة الوعائيـة وتجمـع السـوائل في الأحيـاز السـنخية والمسافات الخلالية (وذمة رئة) وانخماص الأسناخ الرئوية. إن هذه الموجودات تشبه كثيراً ما يحدث لدى مرضى ARDS (أذية سنخية منتشرة). لذا فإن التهوية بحجوم عالية عند مرضى ARDS سوف لن تسمح للرئة بالتحسن إن لم تزدد سوءاً.

إن فرط تمدد الأسناخ يؤدي إلى تفعيل العدلات والتي تقوم بتفعيل العملية الالتهابية وإطلاق السيتوكينات والوسائط الالتهابية المتعددة. تدعى تلك الأذية بالرض الحيوي Biotrauma وهي ما قد يسبب قصور الأعضاء المتعدد MODS لدى مرضى ARDS.

الرض الإنخماصي Atelectrauma:

إن الانفتـاح والإنخمـاص الطـوري للأسـناخ الرئويـة يـؤدي إلى تطبيـق قـوى شـد shearing stress كبيرة على جدر الأسناخ المجاورة مما يـؤدي إلى إطـلاق المزيـد مـن الوسـائط الالتهابيـة الـتي تـساهم في الـرض الحيـوي. إن تطبيـق مقـادير مناسـبة مـن الـPEEP يمنع تلك الظاهرة ويخفف بالتالي من الأذية الرئوية.

الإنسمام بالأكسجين Oxygen Toxicity:

إن التراكيـز العاليـة مـن الأكـسجين يمكـن ن تـسبب أذيـة الرئـة بـآليتين همـا: تشكل الجذور الأكسجينية الحرة والإنخماص الإرتشافي Absorption Atelectasis.

إن زيادة الجذور الحرة المتشكلة تؤدي إلى VILI. بالنسبة للإنخماص الإرتشافي فإن زيادة FiO2 تؤدي إلى إفراغ الأسناخ جيدة التهوية من النيتروجين N2 وامتلائها بالأكسجين الذي يعبر الحاجز السنخي الشعري سريعا إلى الدم مما يؤدي إلى انفراغ الأسناخ وتعرضها للإنخماص إذا كان معدل انتشار الأكسجين عبر الحاجز الشعري السنخي أكبر من معدل التزويد به عبر المنفسة.

في التجارب على الحيوانات أدت التهوية بالأكسجين بتركيز 100% إلى الوفاة خلال 48-72 ساعة. عند الأشخاص الطبيعيين أدت التهوية بتراكيز عالية علي من الأكسجين 100% إلى التهاب قصيبات وتبدلات التهابية في الطرق الهوائية خلال 24 ساعة.

يجب أن نذكر أن نقص الأكسجة النسيجية أشد خطرا من الأذية المفترضة بالتراكيز العالية للأكسجين.

ملاحظة: إن العلاج بالبليوميسين يزيد من خطورة الإنسمام بالتراكيز العالية للأكسجين لذا يجب الحفاظ على مقادير منخفضة من FiO2 < 40 ٪ مع القبول بمقادير منخفضة من PaO2 (حوالي 50mm Hg).

ذات الرئة المترافقة مع المنفسة VAP:

يعتبر مرضى التهوية الآلية على خطورة عالية لذات الرئة المكتسبة في المشفى (بعد 48 ساعة من الوضع على المنفسة) حيث يبلغ المعدل الإجمالي لحدوث VAP حوالي 20-40% من مرضى التهوية الآلية، وهي أحد الأسباب المؤدية للوفاة في هؤلاء المرضى (نسبة الوفيات 25-50%).

تكون الجراثيم المسببة عادة من سلبيات الغرام. سابقا كان يعتقد أن VAP تنتج عن التلوث الناتج عن وضع المريض على المنفسة ولكن تبين حاليا أن VAP تنتج عن استنشاق المفرزات البلعومية حول الأنبوب الرغامي حيث يمكن أن يعمل البلعوم والسبيل الهضمي عند المريض كمستودع للجراثيم التي تستعمر الطرق الهوائية التنفسية السفلية نتيجة الإستنشاق حول الأنبوب الرغامي. لذا يمكن تسمية VAP بشكل أفضل: *ذات الرئة المترافقة مع التنبيب الرغامي*.

المعايير التشخيصية:

إن تشخيص حدوث ذات رئة لدى مريض المنفسة ليس بالأمر السهل. ولكن يمكن إعتماد المعايير التالية مع درجة مختلفة من الموثوقية: تطور ارتشاحات جديدة

على صورة الصدر (خلال 48 ساعة من بدء التهوية الآلية) تترافق بواحد مما يلي: إثبات تشريحي مرضي، زرع دم أو سائل جنبي أو غسالة قصبية إيجابي، بدء جديد لحمى أو فرط كريات بيض، مفرزات قصبية قيحية.

عوامل الخطورة:

تشمل عوامل الخطورة كلا مما يلي: العمر المتقدم، القصور الكبدي، القصور الكلوي، فشل الأعضاء المتعدد.

الوقاية:

- رفع رأس المريض > 30 درجة (مالم يكن هناك مضاد استطباب) حيث يقلل ذلك من خطورة الإستنشاق وبالتالي VAP.
- استعمال مضادات الحوضة المعدية (للوقاية من قرحات الشدة) التي تحافظ على قيم PH معدية مناسبة مثال Sucralfate.
- سحب المفرزات من الفم حول الأنبوب الرغامي.
- نفخ البالون الرغامي بشكل مناسب ليمنع الإستنشاق حوله ويمنع بالمقابل الرض على الرغامى (20-25mm Hg).

التهوية الآلية غير الغازية NPPV

مقدمة:

التهوية الآلية غير الغازيةNPPV (عادة تسمى BiPAP) هي طريقة في دعم التهوية الآلية لدى المرضى باستخدام قناع وجهي أو أنفي دون الحاجة للتنبيب الرغامي. إن النجاح الكبير لطريقة NPPV في دعم مرضى القصور التنفسي المزمن أدى إلى تطبيقها في حالات مرضية منتقاة من القصور التنفسي الحاد.

يمكن استعمالNPPV كنظام مساعد للتهوية بشكل متقطع بالإعتماد على الحالة السريرية للمريض، حيث تزاد فترات الانقطاع عن المنفسة تدريجيا مع تحسن الحالة المرضية حتى الفطام تماماً. تتراوح فترة البقاء على المنفسة حوالي (6-18 سا) حسب الحالة المرضية (في وذمة الرئة القلبية الحادة: 6 ساعة بينما تصل إلى 48 ساعة في التفاقمات الحادة لمرضى COPD).

آلية التأثير والفوائد السريرية:

في هذه الطريقة يتم تقديم دعم تنفسي للمريض بشكل مشابه لنظامPSV في التهوية التقليدية (الأشيع) حيث يقوم المريض بحركات تنفسية عفوية يتم دعمها من خلال تطبيق ضغط إيجابي شهيقي IPAP، عند انتهاء الشهيق وبدء الزفير ينخفض الدعم الضغطي المقدم إلى قيمة أقل تدعى EPAP (تماثل PEEP في التهوية التقليدية) حيث يسمح ذلك ببقاء الأسناخ مفتوحة خلال الزفير.

بالنسبة للانتقال للزفير فهو يحدث بعدة طرق منها ما يعتمد على انخفاض سرعة الجريان الهوائي إلى قيمة محددة flow-cycled أو انقضاء زمن محدد للشهيق time-cycled (وأحياناً pressure-cycled). يتم تقديم الدعم الأكسجيني للمريض بتراكيز مختلفة، إن الحصول على تركيز ثابت ودقيق للأكسجين امر شبه مستحيل في أجهزة التهوية الآلية غير الغازية حيث يتم تزويد الأكسجين عبر قنية ويتم تقدير تركيزه وفقا لسرعة الجريان (2L/min - 5L/min)، بشكل عام يصعب الحصول على تراكيز O2 أعلى من 50%.

يمكن استعمال NPPV على أجهزة التهوية التقليدية (طبعاً من خلال قناع) حيث يوضع نظام المنفسة على PSV أو PCV. عند اختيار PCV يوضع زمن الشهيق بحيث يتناسب مع زمن الشهيق لدى المريض وذلك لمنع الزفير الفاعل من قبل المريض وبالتالي عدم التزامن مع المنفسة).

إن NPPV (او BiPAP) تقلل المجهود التنفسي وتحسن التهوية السنخية والتبادل الغازي، كما أنها تقلل الحاجة للمركنات وتجنب إختلاطات التنبيب الرغامي (الرض الموضعي، التهاب الجيوب، VAP) كما أنها تحافظ على وظائف الكلام والبلع سليمة مع بقاء المريض بحالة صحو وتفاعل تام مع المحيط. إن تطبيق ضغط إيجابي اثناء الزفير EPAP يقلل المجهود التنفسي من خلال معاكسة الـAuto PEEP الذي يكون موجودا عادة لدى هؤلاء المرضى.

إن NPPV أكثر فعالية عند المريض الهادئ وليست مثالية عند المريض القلق غير المتعاون الذي يصارع المنفسة لذا يجب تحضير المريض بشكل مناسب واختيار القناع المناسب كما يجب زيادة قيم IPAP وEPAP تدريجياً.

معايير اختيار المرضى:

إن الفائدة الأكبر من NPPV تكون لدى المرضى ذوي الحدثيات الإمراضية السريعة (تحسن وارد خلال 48 ساعة). يتم اختيار مرضى القصور التنفسي الحاد المناسبين للبدء بالتهوية غير الغازية NPPV بناء على موجودات سريرية ومخبرية وبناء على تشخيص المرض المسبب.

- **معطيات غازات الدم الشرياني:**
  - $PaCO_2 > 45$ mm Hg.
  - $PH < 7.35$.
  - $PaO_2/FiO_2 < 200$.
- **المعطيات السريرية:**
  - أعراض وعلامات العسرة التنفسية الحادة.

- زلة تنفسية شديدة إلى متوسطة.
- RR > 24/min.
- استعمال العضلات التنفسية المساعدة.
- حركة بطن عجائبية Parodox.

التشخيص السريري:

- التفاقمات الحادة لـ COPD: هناك براهين جيدة تدعم استعمال NPPV عند هؤلاء المرضى.
- القصور التنفسي الحاد ناقص الأكسجة: يمكن أن يكون NPPV مفيدا عند هذه المجموعة في حال كانوا مضعفي المناعة وبعد زراعة الأعضاء وبعد جراحة استئصال الرئة.
- بعد نزع التنبيب الرغامي: يمكن أن تفيد NPPV في الفطام المبكر عن المنفسة، ولكنه لا يكون مفيدا عند بدء قصور تنفسي حاد بعد الفطام عن التهوية الآلية الغازية.
- الوذمة الرئوية القلبية الحادة: يمكن لكل من نظام CPAP أو BiPAP أن يكون مفيدا لدى مرضى الوذمة الرئوية الحادة مع تفضيل BiPAP عند وجود احتباس CO_2.

مضادات الإستطباب:

1. توقف التنفس.
2. عدم القدرة على استعمال القناع بسبب رضي أو جراحي.
3. غزارة المفرزات القصبية.
4. عدم الثبات الهيموديناميكي واضطرابات النظم المهددة الحياة (هبوط الضغط الشرياني، احتشاء العضلة القلبية الحديث).
5. وجود خطورة عالية للإستنشاق.
6. نزف هضمي علوي شديد.

7. مريض غير متعاون.

8. نقص أكسجة معند مهدد للحياة.

9. نقص مستوى الوعي: يعتبر الاعتلال الدماغي بفرط الكاربامية استثناء حيث يؤدي NPPV إلى تحسن مستوى الوعي خلال 1-2 ساعة (شريطة أن يكون مستوى الوعي البدئي مقبولا GCS>10).

عوامل النجاح في NPPV:

إن الاستجابة البدئية لـNPPV تحدد النجاح أو الفشل حيث ينخفض PaCO2 عند النجاح وتخف العسرة التنفسية، بينما يترافق فشل استخدام NPPV بازدياد شدة الحالة وازدياد التسريب الفموي وعدم القدرة على التكيف مع NPPV.

يمكن ذكر بعض العوامل التي تتبؤنا بنجاح التهوية الآلية غير الغازية كالتالي:

- المرضى الشباب.
- الحالة المرضية غير شديدة جداً (حسب APACHE score).
- المريض متعاون مع مستوى جيد من الوعي (مجموع النقاط حسب غلاسكو> 10).
- فرط كاربامية معتدل 45mm Hg< PaCO2 < 92mm Hg.
- حماض تنفسي معتدل 7.10< PH < 7.35.
- تحسن المبادلات الغازية والوضع القلبي ومعدل الحركات التنفسية خلال الساعتين الأوليتين.

إن نتائج المرضى الذين تفشل تجربة NPPV لديهم ويتطلبون التنبيب والبدء بالتهوية الآلية الغازية ليست أسوأ بكثير من المرضى الذين يوضعون على التهوية الغازية منذ البدء.

الأقنعة المستخدمة:

إن نوع القناع المستخدم خلال التهوية عامل حاسم في ارتياح المريض ومطاوعته خلال NPPV. إن استعمال القناع غير المناسب ذو تأثير سلبي على الفعالية السريرية ومطاوعة المريض خلال المعالجة. إن أكثر الأقنعة استعمالا هي: الأقنعة الأنفية، الأقنعة الوجهية.

يجب أن يتوضع القناع الأنفي مباشرة فوق اتصال عظم الأنف والغضروف الأنفي، مباشرة على جانبي المنخرين ومن الأسفل فوق الشفة العلوية مباشرة.

بالنسبة للقناع الأنفي الفموي يجب أن يمتد من اتصال العظم الأنفي بالغضروف الأنفي حتى الشفة. إن خطأ اختيار القناع يؤدي إلى التسريب الهوائي. كما قد يحدث التسريب من الفم عند استعمال القناع الأنفي. إن تحمل القناع الأنفي أفضل من قبل المريض لكن نتائج التهوية أفضل في حالة القناع الوجهي.

يجب تثبيت القناع بشكل مناسب يجب أن يسمح بمرور أصبعين ما بين حواف القناع والوجه بسهولة. لا توجد تجارب عشوائية تقارن القناع الأنفي بالقناع الوجهي ولكن معظم المرضى في القصور التنفسي الحاد يتنفسون من فمهم لذا يكون القناع الوجهي مفضلا عند هؤلاء المرضى.

بروتوكول بدء NPPV عند مرضى القصور التنفسي الحاد:

- أجلس المريض بوضعية نصف الجلوس مع رفع الرأس بمقدار 45 درجة.
- اختيار حجم القناع المناسب مع البدء بالتهوية بقيم IPAP=10 ، EPAP=2.
- ضع القناع على وجه المريض مع ضغط لطيف (قد يساعدك المريض في ذلك) ريثما يتحمل المريض المنفسة بشكل معقول ويصبح في تزامن جيد مع المنفسة.
- قم بتثبيت ألقناع على الوجه بشكل جيد ، لا تقم بشد القناع بشكل شديد لأن ذلك يسبب عدم ارتياح المريض. يجب أن يسمح القناع بمرور إصبعين خلفه بشكل مقبول.
- قم بزيادة EPAP تدريجيا حتى 5 (بالاعتماد على تحسن PaO2 وتحسن قدرة المريض على تحسيس المنفسة).
- قم بزيادة IPAP تدريجياً حتى 10-20 للحصول على حجم جاري مزفور يعادل > 7ml/kg مع RR<25/ min.
- قيم كفاية الدعم التنفسي الذي يستدل عليه بزوال الضائقة التنفسية لدى المريض، انخفاض معدل الحركات التنفسية ، تحسن الحالة الهيمودياميكية ،

الحصول على الحجم الجاري المزفور المطلوب، ارتياح أكبر لدى المريض، تحسن قيم الإشباع الشريانيSaO2، إجراء غازات دم شرياني بعد مرور 30-60 دقيقة.

- عند وجود نقص أكسجة قم بزيادة EPAP بمعدل 2-3 كل مرة حتى الحصول على الإشباع المناسب.
- تبلغ قيمة الدعم الضغطي المقدم خلال الشهيق PS الفرق بين مستويي الضغط P.S = IPAP-EPAP.
- يجب الا تتجاوز قيمة EPAP (15cm H2O).
- يجب ألا تتجاوز قيمة IPAP قيمة ضغط انفتاح المعصرة المريئية السفلية (20-25 cm H2O).

إن الهدف الرئيس الذي يجب تحقيقه عند البدء بـ NPPV هو تكيف المريض مع الوضع الجديد وليس تحسين قيم غازات الدم الشرياني (سيحدث ذلك إذا تحقق ارتياح المريض).

الفطام عن NPPV:

يمكن الفطام عن NPPV بتقليل مقدار الدعم الضغطي المقدم تدريجيا أو زيادة فترات الانقطاع عن التهوية أو المشاركة بينهما. يمكن فطم المريض عن NPPV عند تحمله للتنفس العفوي لمدة 24 ساعة دون تعب.

NPPV عند مرضى COPD:

تقدم التهوية الآلية غير الغازية المزايا التالية أثناء التفاقمات الحادة لدى مرضى COPD: تجنب الرض المرافق للتنبيب الرغامي واختلاطاته، تقليل نسبة حدوث VAP، تعزيز ارتياح المريض، فترة بقاء أقل على التهوية الآلية، تقليل فترة البقاء في المشفى وبالتالي الكلفة الناتجة. إن الاستخدام الحكيم لـNPPV لدى مرضى COPD يمكن أن يقلل معدل التنبيب الرغامي ويخفض الوفيات بنسبة 50%.

يجب البدء المبكر بـ NPPV لتجنب التدهور الشديد في الحالة المرضية، حيث يفضل استعمال NPPV عند توافر اثنين مما يلي مع عدم وجود أي مضاد استطباب:

- عسرة تنفسية متوسطة إلى شديدة.
- PaCO2>45mm Hg مع PH<7.35.
- RR>25/min.

إن وجود ذات رئة كسبب مفاقم لدى مريض COPD يؤدي إلى فشل NPPV بنسبة مرتفعة. يمكن اللجوء إلى التهوية التقليدية الغازية عند وجود مضاد استطباب للتهوية غير الغازية أو عند عدم تحسن المريض وتدهور حالته رغم استخدامها. يمكن استعمال NPPV كمساعد للفطام عند مرضى COPD عن التهوية الآلية الغازية.

NPPV في الوذمة الرئوية الحادة:

لقد أبدت الدراسات العشوائية فعالية NPPV في الوذمة الرئوية الحادة حيث حسنت من الأكسجة وقللت فرط الكاربامية، كما أنها تقلل من المجهود التنفسي ومن معدل التنبيب الرغامي.

إن نظام BiPAP (NPPV) تحسن من قيم PaCO2، PH، RR أكثر من نظام CPAP (تنفس عفوي مع دعم إيجابي أثناء الزفير دون دعم شهيقي) في مرضى الوذمة الرئوية الحادة. لذا يكون استعمال نظام CPAP كافياً في البدء ولكن وجود فرط كاربامية واستمرار العسرة التنفسية يتوجب علينا التحول إلى BiPAP. يجب تجنب استخدام NPPV عند مرضى الوذمة الرئوية التالية لإحتشاء العضلة القلبية.

إن زيادة قيم EPAP (أو CPAP) بفواصل صغيرة يترافق بإنخفاض نظم القلب وانخفاض الضغط الإنقباضي وبالتالي ازدياد حجم الضربة القلبية وبالتالي تحسين الأداء القلبي وتخفيف الوذمة الرئوية.

NPPV عند الفطام عن التهوية الآلية الغازية:

يمكن اللجوء إلى التهوية الآلية غير الغازية كجسر يصل بالمريض إلى الفطام النهائي عن التهوية الآلية، وذلك عندما لا يحقق المريض المعايير المطلوبة للفطام النهائي. قد يحتاج بعض هؤلاء المرضى إلى دعم تهوية ليلي فقط لفترات مختلفة.

بينت الدراسات أن NPPV فعال في الوقاية من القصور التنفسي الحاد التالي لنزع التنبيب الرغامي فقط إذا تم تطبيقه مباشرة بعد نزع التنبيب، بينما لا يكون NPPV فعالاً عند تطبيقه بعد تطور حدوث القصور التنفسي الحاد التالي لنزع التنبيب.

الإختلاطات:

إن الاختلاط الأشيع للتهوية الآلية غير الغازية هو الرض المباشر للأنسجة الوجهية خاصة عند جسر الأنف. قد يحدث تمدد معدي قليل ولكنه غير هام عادة (IPAP أقل من ضغط انفتاح المعصرة المريئية السفلية 20-25cm H2O). قد يحدث أيضا تخريش عيني واحتقان جيوب مؤلم.

إن خطورة الرض المباشر للأنسجة الوجهية تجعل تهوية المرضى بهذه الطريقة لمدة تزيد عن 24-48 ساعة أمرا بالغ الصعوبة. لذا عند مرور تلك المدة يجب تقييم فوائد ومخاطر الاستمرار بـ NPPV مقابل التنبيب والتحول للتهوية التقليدية.

التركين والتسكين والإرخاء

مقدمة:

قد يطور مرضى التهوية الآلية عسرة تنفسية بشكل مفاجئ حيث يقال إن المريض يصارع المنفسة Fighting The Ventilator. تنتج تلك الحالة عن الشدة والقلق المرافق للحالة المرضية وبسبب الوجود على المنفسة. قبل إضافة العلاج الدوائي للسيطرة على هياج المريض يجب معرفة سبب التغير الحاد في الحالة وتصحيحه إن أمكن.

يتطلب معظم مرضى التهوية الآلية المساعدة الدوائية لتسهيل عملية التهوية حيث أن التهوية الآلية تثير الخوف والقلق لدى المريض بحد ذاتها. إن أكثر الأدوية استخداما في العناية المشددة لهذه الغاية هي المجموعات التالية: المركنات Sedative، المسكنات Analgesics، المرخيات Neuromascular Blocking Agents، المهدئات Neuroleptics.

على الرغم من التداخل بالنسبة للآثار العلاجية للمجموعات الدوائية فإن الفهم الصحيح للإستطبابات والآثار الجانبية للمجموعات الدوائية أمر حاسم، لأن فعالية العلاج تعتمد على توجيه الدواء الأكثر فعالية للحالة المرضية.

أسباب الهياج عند مرضى العناية المشددة:

- الألم.
- الأدوية المستخدمة (نتروبروسايد الصوديوم لدى المسنين).
- الإضطرابات الإستقلابية (نقص الأكسجة، فرط الكاريامية، نقص التروية الدماغية، فرط البولة الدموية، الإعتلال الدماغي الكبدي، نقص سكر الدم).
- الحمى والخمج.
- الإصابات العصبية المركزية (النزف، الخمج).
- العوامل الفيزيائية (الضجيج المستمر، الحرمان من النوم، انخفاض حرارة الغرفة).
- تناذر السحب (الكحول، النيكوتين، الأدوية المعدلة للمزاج).

المركنات Sedative :

تشمل هذه المجموعة كلا من البنزوديازبينات (Lorazepam, Diazepam, Midazolam)، الباربيتورات، Propofol.

لهذه الأدوية تأثير منوم وحال للقلق كما أنها تؤدي إلى استرخاء عضلي relaxing ونساوة ولكنها لا تؤدي إلى تسكين الألم، يملك معظم هذه الأدوية تأثيراً مضاداً للاختلاج مع تأثير مثبط قليلا للجهاز القلبي الوعائي. الاستثناء الوحيد هنا هو Midazolam وPropofol التي يمكن أن تسبب تثبيطا قلبيا وعائياً شديداً.

إن لكل من Diazepam والباربيتورات طويلة الأمد نصف عمر طويل نسبيا (3-4 أيام) لذا تميل هذه الأدوية للتراكم في الجسم خاصة عند المسنين (أمر هام أثناء الفطام). يملك Lorazepam نصف عمر متوسط نسبيا(6-15 سا) بينما يملك Midazolam نصف عمر قصير نسبيا (حوالي 1 سا) مع بدء تأثير سريع مما يسمح بالضبط الدقيق لعملية التركين أثناء التهوية الآلية قياسا بنظيريه. عادة يتطلب الأمر التسريب المستمر لـ Midazolam للمحافظة على مستوى ثابت من التركين. يجب تخفيف جرعات التسريب المستمر للبنزوديازبينات بشكل تدريجي خوفا من تناذر السحب.

يستعمل Propofol في البدء السريع للتخدير العام عند مرضى التهوية الآلية. يعتبر مفيداً بشكل خاص في الجراحات الصغيرة والإجراءات الغازية الصغيرة. يتميز بسرعة تأثيره وقصر نصف عمره (أقل من 30 دقيقة) لكنه غالبا ما يسبب هبوط ضغط شديد كما أنه مكلف.

المهدئات Neuroleptics:

يعتبر الهذيان أمرا شائعا في مرضى العناية المشددة (80%)، ويتجلى بانخفاض القدرة على الإستجابة المناسبة للمنبهات الخارجية. كما أن اضطراب التفكير، الكلام غير المناسب، تبدل مستوى الفعالية النفسية الحركية، انخفاض مستوى

الوعي، تغير الإدراك الحسي، اضطراب التوجه يعتبر من الموجودات الشائعة أيضاً. كما أن المنومات والمركنات غالباً ما تسيء لأعراض الهذيان لأنها تغير من الإدراك الحسي أيضاً. يمكن علاج الهذيان بإعطاء Haloperidol والذي يعتبر من المهدئات الكبرى، يمكن أن يسبب هذا الدواء تطاولا في QT على تخطيط القلب الكهربائي.

المسكنات Analgesics:

إن الألم يزيد من التفعيل الودي ويزيد من مستوى الكاتيكولامينات في الجسم، كما أنه قد يغير من نموذج التنفس وميكانيكيات الرئة، ويساهم أيضا في احتباس المفرزات القصبية مما يؤدي إلى نقص الأكسجة وحدوث الإنتانات.

تستعمل هذه الأدوية للسيطرة على الألم. إن المركنات تعدل من طبيعة الإدراك العاطفي للألم لكنها لا تغير من مركبته الحسية. يمكن تصنيف هذه المركبات إلى نوعين: مسكنات منومة ومسكنات غير منومة. تؤثر المسكنات المنومة على مستوى الجهاز العصبي المركزي (المورفينات) بينما تؤثر المسكنات غير المنومة على مستوى الأعصاب المحيطية (NSAIDs). إن المسكنات المنومة تسبب النعاس والتركين وتبدل المزاج ، تثبيط التنفس.

هناك العديد من المسكنات المنومة المستخدمة في العناية المشددة منها : Morphine، Hydromorphine، Fentanil. يعد المورفين الدواء المفضل في حالات الثبات الهيموديناميكي (يسبب هبوط ضغط عابر ناتج عن تحرر الهيستامين) بينما يعد Fentanil الدواء الأفضل في حالة عدم الثبات الهيموديناميكي.

إن هذه المركبات المورفينية قد تسبب حدوث خزل معوي وبالتالي عدم تحمل التغذية الفموية كما أنها تزيد من شدة التهاب البنكرياس، إضافة لذلك تسبب هذه المركبات ارتفاعاً في قيمة الضغط داخل القحف.

إن التسريب المستمر لـ Fentanil قد يخفض من فعاليته المسكنة بسبب عود الانتشار في الدسم. نادرا ما يستخدم Meperidine في العناية المشددة لأنه يقلل من عتبة الاختلاج ونصف عمره مديد كما أن مستقلباته الفعالة تتراكم في القصور الكلوي.

المرخيات العضلية Neuromascular Blocking Agents:

تقوم هذه الأدوية بإحداث شلل عضلي مؤقت وذلك بآليتين: إما أن تقوم بالتثبيط التنافسي للأستيل كولين (غير نازعة للإستقطاب) مثال (Atracurium , Cis-Atracurium, Pancuronium). أو أنها تسبب زوال استقطاب مطول للمستقبلات بعد المشبكية (نازعة للإستقطاب) مثال Succinylcholine.

تؤدي هذه المركبات إلى إحداث شلل عضلي ولكن ليس لها أي تأثير مركن أو مسكن لذا يجب دوما تأمين مستوى كافٍ من التركين والتنويم قبل إعطائها.

تستعمل هذه الأدوية للسيطرة التامة على عملية التهوية مثال: في رضوض الرأس، تدهور الوضع الهيموديناميكي والتبادل الغازي بشدة. لقد سجل حدوث اعتلال أعصاب عديد تالي للاستعمال المطول لهذه الأدوية عند مرضى التهوية الآلية خاصة عند مرضى السكري أو عند المرضى الذين أعطوا جرعات عالية من الستيروئيدات. يستمر الضعف العضلي الناتج لأسابيع وأشهر ولا يعاكس بمثبطات الكولين استراز.

يجب تجنب استعمال المرخيات العضلية أو تحديد استخدامها فقط عند فشل المسكنات والمركنات في السيطرة على عملية التهوية لدى المريض حيث يتم استخدامها ريثما تتم السيطرة على الحالة الحرجة لدى المريض.

تزداد شدة وفترة تأثير هذه الأدوية عند الاستعمال المتواقت لها مع الأمينوغليكوزيدات، الفانكوميسين، التراسكلينات، الكليندامايسين، الليدوكائين، الستيروئيدات، حاصرات بيتا، مدرات العروة، نقص البوتاسيوم، فرط المغنزيوم.

الأدوية الأشيع استخداماً في العناية المشددة:

نأتي في الصفحات التالية على ذكر الخواص الدوائية لأشيع الأدوية استخداماً في العناية المشددة.

:Midazolam

من الأدوية المركنة الهامة المستخدمة لدى مرضى العناية المشددة. يمتاز ببدء تأثيره السريع وفترة تأثيره القصيرة. مقارنة بـ Diazepam يمتاز الـ Medazolam ببدء تأثير أسرع وارتكاسات موضعية مكان الحقن أقل، وقصر فترة التأثير، كما أن فعله المولد للنساوة أكبر وتبلغ فعاليته التركينة 3-4 أضعاف الفعالية التركينية لـ Diazepam.

إن التسريب المستمر للدواء لمدة أطول من يومين يجعل عودة الوعي لحالة السواء متأخراً (حتى 3 أيام) مقارنة بتسريب الـ Lorazepam (أقل من 12 ساعة) حيث أنه الأخير أقل انحلالاً بالدسم رغم كون فترة تأثيره أطول.

قد يسبب الدواء تثبيطاً تنفسياً شديداً يصل حتى توقف التنفس (1 ٪) خاصة عند مرضى القصور الكبدي والكلوي والمسنين. كما قد يسبب إعطاؤه وهطاً دورانياً شديداً خاصة عند الأطفال ومرضى الصدمة ونقص الحجم.

عند الاستخدام المتوافق للدواء مع المسكنات المورفينية أو الأدوية المثبطة للجهاز العصبي المركزي يجب تقليل الجرعة بمعدل 30٪ عند المرضى ذوي الأعمار أقل من 65 سنة وبنسبة 50٪ عند المسنين (أكبر من 65 سنة). يكون مرضى COPD حساسين بشكل غير اعتيادي للتأثير المثبط للتنفس لهذا الدواء. يجب تجنب استخدامه لدى مرضى الزرق العيني.

الجرعات الدوائية المستخدمة في التركين:

يعطى وريدياً بجرعة (0.5-5 ملغ) أو (0.025-0.1 ملغ/ كغ)، تكرر الجرعة كل 5-10 دقائق حسب الإستجابة حتى الوصول للمستوى المطلوب من التركين. يسرب الدواء بجرعة (2-15 ملغ/ سا) أو (20-100 مكغ/كغ/سا).

إن استقلاب الدواء كبدي وإطراحه كلوي. يطرح الدواء خلال 1-4 ساعات حيث يتاخر الإطراح عند مرضى تشمع الكبد والقصور الكلوي والمسنين والبدينين.

Diazepam:

يتميز بنصف عمره المديد نسبيا 20-70 ساعة (بسبب مستقلباته الفعالة) حيث يصل حتى 3 أيام. كما يتميز بأن المشعر العلاجي لديه مرتفع (هناك فرق كبير بين المستوى العلاجي والمستوى السمي). لهذا الدواء تأثير قليل على التهوية الرئوية والحالة الهيموديناميكية بغياب وجود أدوية أخرى مثبطة للجهاز العصبي المركزي.

لهذا الدواء نفس تحذيرات ومشاكل الدواء السابق (تقليل الجرعات وتجنبه في بعض الحالات المرضية).

إن استقلاب هذا الدواء واطراحه كبدي لذا يجب تقليل الجرعة إلى النصف عند مرضى تشمع الكبد وتجنب استخدامه في حالات الإصابة الكبدية الحادة، كما أنه يسبب تخريش موضعي شديد عند تسربه خارج الأوعية الدموية أثناء الحقن (يفضل الحقن البطيء).

يعطى وريديا بجرعة 2-10 ملغ (0.05-0.2 ملغ/ كغ) في حالات التركين الدوائي، ترفع الجرعة حتى الحصول على الاستجابة المطلوبة.

Lorazepam:

إن الحقن الوريدي السريع للدواء قد يسبب توقف قلب وتنفس (1-10 ٪). نصف عمره 10-20 ساعة. إستقلابه كبدي والإطراح كبدي وكلوي.

يعطى وريديا بجرعة 1-4 ملغ (0.02-0.08 ملغ/ كغ) في حالات التركين الدوائي. جرعة التسريب: 2-10 ملغ/ سا (50-150 مكغ/ كغ/ سا).

Morphine:

مسكن قوي للألم، يستعمل في تسكين الآلام الشديدة وفي وذمة الرئة الحادة والألم المرافق لإحتشاء العضلة القلبية. يستعمل بحذر عند وجود ارتفاع ICP، قصور تنفسي أو كبدي أو كلوي، قصور درقي أو كظري، وعند المسنين ومرضى ضخامة البروستات.

قد يسبب إعطاؤه هبوط ضغط دموي شديد محرض باطلاق الهيستامين (1-10 ٪)

كما قد يسبب الدواء حدوث تخليط ذهني، تركين، تثبيط تنفسي، بطء قلبي، إمساك، تشنج معصرة أودي، احتباس بولي، توهج، غثيان واقياء.

يستقلب الدواء كبدياً عبر الارتباط بالغلوكورونيد ويطرح كلوياً. تعدل الجرعات في القصور الكلوي كالتالي:

- التصفية CC حوالي (10-50 مل/ د): يعطي 75٪ من الجرعة النظامية.
- التصفية CC أقل من (10 مل/ د): يعطي 50٪ من الجرعة النظامية.

يبلغ نصف عمره حوالي 2-4 ساعات. يعطى وريديا بجرعة مسكنة: حوالي 4-10 ملغ تكرر كل 2-4 ساعات حتى الحصول على التسكين المناسب. جرعة التسريب الوريدي المستمر: 0.8-10 ملغ/ سا، يمكن زيادتها حتى 80 ملغ/ سا.

:Fentayl

مشتق مورفيني تأثيره المسكن أكبر بـ 75-150 مرة من المورفين، وهو أكثر انحلالية بالدسم، يعطى في حالة عدم الثبات الهيموديناميكي حيث يفضل هنا على المورفين. إن التسريب المستمر لـ Fentanil قد يخفض من فعاليته المسكنة بسبب عود الانتشار في الدسم.

يستقلب الدواء كبدياً ويطرح كلوياً. تعدل جرعته في القصور الكلوي بنفس طريقة تعديل المورفين:

- التصفية CC حوالي (10-50 مل/ د): يعطي 75٪ من الجرعة النظامية.
- التصفية CC أقل من (10 مل/ د): يعطي 50٪ من الجرعة النظامية.

جرعة التسكين الوريدية: 25-100 مكغ (0.7-2 مكغ/ كغ)، جرعة التسريب الوريدي: 15-150 مكغ/ سا.

:Remifentanil

مشتق مورفيني حديث، يتميز بقصر فترة تأثيره بسبب استقلابه السريع غير النوعي من خلال أنزيمات الإستراز في البلازما والأنسجة. لذا فلا ضرورة لتعديل الجرعة عند مرضى القصور الكبدي والكلوي كما لا يميل هذا الدواء للتراكم.

يؤدي هذا الدواء إلى هبوط ضغط بشكل أكثر تواتراً من الـ Fentanil حيث يعاكس هبوط الضغط الناتج بتقليل سرعة التسريب الدوائي وتسريب السوائل الوريدية والمقويات القلبية. عند إيقاف التسريب الوريدي ينتهي التأثير المسكن خلال 5-10 دقائق.

جرعة التسكين: يعطى وريديا 0.5-1 مكغ/ كغ خلال 30-60 ثانية ثم تسريب بمعدل: 0.025-0.1 مكغ/ كغ/ د. تترافق جرعات التسريب الأعلى من 0.2 مكغ/ كغ/ د عادة بتثبيط تنفسي. يتم تخفيض الجرعة إلى النصف عند المسنين.

:Atracurium

مرخي عضلي غير نازع للإستقطاب يستعمل للسيطرة على التهوية الآلية تماما في الحالات الحرجة. تسبب الجرعات المرتفعة منه تحرر الهيستامين وبالتالي التوهج وهبوط الضغط وتسرع القلب وربما التشنج القصبي. لذا يعطى بحذر عند مرضى الربووالارتكاسات التأقية. يحدث ما سبق عند اعطاء جرعات أعلى من 0.5 ملغ/ كغ خاصة عند الحقن السريع لها. تكون خطورة اضطرابات النظم هنا أقل من بقية أفراد المجموعة.

يستقلب الدواء في البلازما، نصف عمره حوالي 20 دقيقة. تبلغ جرعة الإعطاء الوريدي: 0.3-0.5 ملغ/ كغ. جرعة التسريب الوريدي المستمر: 2-15 مكغ/ كغ/ د.

:Cis-Atracurium

يفوق تأثيره فعالية الـ Atracurium بثلاث أضعاف وبالتالي تكون جرعته اقل من سابقه. يستقلب بلازميا بنسبة 80٪ والباقي بالطريق الكبدي الكلوي. إن إطلاق الهيستامين والتبدلات الهيموديناميكية تكون أقل من سابقه حتى بالحقن الوريدي السريع.

يؤدي القصور الكلوي إلى بطء تأثيره، يبلغ نصف عمره 22-29 دقيقة. يعطى بجرعة وريدية لتسهيل التنبيب: 0.15-0.2 ملغ/ كغ تتبع بجرعات أقل: 0.03 ملغ/ كغ. يعطى تسريبا بجرعة 1-3 مكغ/ كغ/ د.

:Pancuronium

يمتلك فترة تأثير طويلة نسبياً، يؤدي إلى حدوث تسرع قلبي وارتفاع بالضغط الدموي وبالتالي نتاج القلب (تأثير حال مبهمي ومقلد ودي غير مباشر).

يطرح الدواء كلويا دون تبدل، يبلغ نصف عمره حوالي ساعتين. تبلغ جرعة الإعطاء وريدياً: 40-100 مكغ/ كغ. يمكن تكرار الجرعة بإعطاء 10 مكغ/ كغ بفواصل 20-60 دقيقة. جرعة التسريب الوريدي: 1-15 مكغ/ كغ/ د.

الجدول (5): اهم المركنات المستخدمة في العناية المشددة

الدواء	Diazepam	Midazolam	Lorazepam
بدء التأثير IV	2 min	0.5 – 1 min	1-5 min
الوصول لذروة التأثير	3-4 min	30-60 min	15-20 min
فترة التأثير	15-60min	15-80 min	6-10 h (to 48 h)
جرعة الحقن الوريدي	2-10 mg or 0.05-0.2 mg/kg	0.5-5 mg or 0.025-0.1mg/kg	1-4 mg/kg or 0.02-0.08mg/kg
جرعة التسريب الوريدي	1-10mg/kg	2-15mg/h or 20-100µg/kg/h	2-10mg/h or 50-150µg/kg/h

الجدول (6): اهم المسكنات المستخدمة في العناية المشددة

الدواء:	Morphine	Fentayl	Remifentanil
بدء التأثير IV:	5-10 min	30 sec	30 sec
الوصول لذروة التأثير:	20 min	5-15 min	3-5 min
فترة التأثير:	4-5 h	30-60 min	5-10 min
جرعة الحقن الوريدي:	4-10 mg	25-100 µg or 0.7-2 µg/kg	——
جرعة التسريب الوريدي:	0.8-10mg/h upto80 mg/h	50-150 µg/h or 1-2µg/kg/h	0.025-0.1µg/kg/min

الجدول (7): اهم المرخيات العضلية المستخدمة في العناية المشددة.

الدواء	Atracurium	Cis-Atracurium	Pancuronium
بدء التأثير IV	2-2.5 min	1.5-2 min	1-3 min
الوصول لذروة التأثير	5 min	3 min	3-5 min
فترة التأثير	30-40 min	28-50 min	40-65 min
جرعة الحقن الوريدي	0.3-0.5 mg/kg	0.03 mg/kg	40-100 µg/kg
جرعة التسريب الوريدي	2-15 µg/kg/min	1-3 µg/kg/min	1-15µg/kg/min

الفطام

مقدمة:

إن الهدف النهائي من الدعم التنفسي بالتهوية الآلية هو إيصال المريض إلى القدرة على التنفس العفوي دون الإعتماد على المنفسة. في غالبية المرضى (75٪) يكون الأمر سهلاً، ولكن قد يتطلب الأمر فطاما تدريجيا في بقية المرضى قد يستمر أياماً، كما أن نسبة من المرضى(1 ٪) لا يمكن فصلهم عن المنفسة نهائياً (اعتماد على المنفسة).

إن التحدي الأكبر يكمن في المرضى الذين يفشلون في الفطام عن المنفسة. الأمر الأكثر أهمية في عملية الفطام هو معرفة توقيت البدء بالفطام وليس طريقة إجرائه. لا يمكن فعل شيء بالنسبة للمرضى الذين يطورون حالة اعتماد على المنفسة سوى علاج المرض الأساسي وتقديم الدعم العام وتقليل اختلاطات التهوية قدر الإمكان (الوقاية من الصمة الرئوية مثلاً) ريثما تتحسن الحالة الأساسية للمريض ويغدو قادراً على الفطام عن المنفسة.

الجاهزية للفطام:

يجب القيام بفحص مرضى التهوية الآلية يوميا للبحث عن جاهزية المريض لعملية الفطام وإمكانية البدء به. إن معرفة المريض الذي يتوقع له أن يفشل في محاولة الفطام أمر أساسي لأن ذلك يجنبنا مخاطر الفطام المبكر وتطور إنكسار معاوضة قلبي تنفسي خطير أو إعتماد نفسي psychological على المنفسة.

قبل أن يكون المريض مناسباً للفصل عن جهاز التهوية الآلية يجب أن يحقق مستوى معيناً من الجاهزية الفيزيولوجية للفطام حيث يمكن تلخيص ذلك بالنقاط التالية:

- تراجع القصور التنفسي وزوال الحالة المسببة.
- تحسن وظيفة التبادل الغازي.
- سلامة مركز التحكم بالتنفس.
- ثبات الحالة الهيمودي‍ناميكية للمريض.
- سلامة عمل الأعضاء الرئيسية الأخرى وثبات الوضع الإستقلابي في الجسم.

تراجع القصور التنفسي وزوال الحالة المسببة:

إن أهم مؤشر على جاهزية المريض للفطام هو تحسن الحالة المرضية التي أدت إلى البدء بالتهوية الآلية. قد يبدو ذلك بديهياً ولكن غالبا ما يتم تجاهله أثناء تدبير المريض حيث يتم التركيز على الفطم عن المنفسة مع نسيان سبب البدء بالتهوية الآلية (ذات رئة مثلاً).

تحسن وظائف التبادل الغازي:

قبل بدء بمحاولات الفطام يجب أن يكون المريض قادراً على الحفاظ على وظائف التبادل الغازي مع أقل دعم تنفسي ممكن.

بالنسبة للأكسجة يجب أن يكون المريض قادراً على الحفاظ على قيم $PaO2>60$ mm Hg مع قيمة $FiO2<40\%$ و $PEEP < 10$. إذا كان الحفاظ على قيمة أكسجة جيدة غير ممكن مع قيمة $PEEP<10$ فإن نجاح عملية الفطام أمر مستبعد.

بالنسبة للتهوية يجب ألا يكون حجم التهوية بالدقيقة MV كبيرا جدا للحفاظ على قيمة $PaCO_2$ ضمن الحدود الطبيعية بالنسبة للمريض. يجب أن تعود $PaCO_2$ إلى القيم الأساسية بالنسبة لحالة المريض السابقة (مثال: حماض تنفسي مزمن مع احتباس CO_2 معتدل). يمكن تقليل إنتاج CO_2 من خلال تقليل محتوى الحمية من الكربوهيدرات وتقليل الهياج والألم والحمى والتعب العضلي.

سلامة مركز التحكم التنفسي:

يجب أن يكون المريض قادراً على التنفس العفوي حيث يحقق معدل الحركات التنفسية المطلوب، يجب أن يكون $RR<30$ b/min. إن التركين المطول (البنزوديازبينات) والمسكنات المورفينية تضعف من وظيفة مركز التحكم التنفسي. يجب تخفيف مقدار التركين إلى الحد الأدنى اللازم للسيطرة على عملية التهوية، كما يجب إيقاظ المريض يومياً. قد يحدث الاعتماد النفسي على جهاز التهوية الآلية عقب الاستخدام المطول لهذه الأدوية.

إن القلاء الإستقلابي يقلل من تركيز شوارد الهيدروجين في جذع الدماغ وبالتالي يضعف من وظيفة مركز التحكم التنفسي.

ثبات الحالة الهيموديناميكية للمريض:

إن التهوية الآلية بالضغط الإيجابي تقلل من الحمل القلبي القبلي والبعدي وبالتالي فإنها قد تحسن من وظيفة البطين الأيسر. إن إيقاف التهوية الآلية يؤدي إلى تحول الضغط ضمن الصدر من ضغط إيجابي إلى ضغط سلبي وبالتالي زيادة الحمل القلبي القبلي والبعدي.

في مرضى الإصابات الإكليلية وقصور القلب قد يحرض ذلك إقفاراً قلبياً (يكون صامتا عادة) وربما تطور وذمة رئوية. إن وذمة الرئة الناتجة تنقص المطاوعة الرئوية وبالتالي قد تسبب فشل عملية الفطام.

يكون هناك دليل تخطيطي على حدوث نقص تروية قلبية حاد في 10٪ من مرضى الإصابات الإكليلية أثناء فطامهم. لذا لابد من إجراء تخطيط قلب كهربي عند كل مريض إكليلي يفشل في محاولة الفطام. إن حدوث ذلك أثناء محاولة الفطام يؤدي إلى الفشل بنسبة تصل حتى 22٪. في هذه المجموعة من المرضى يفضل الفطام بنظام CPAP وليس الوصلة T ، كما يجب التدبير الدوائي الجيد للحالة القلبية قبل بدء الفطام (المدرات، مضادات الخناق، حاصرات الخميرة).

سلامة عمل الأعضاء الرئيسية الأخرى وثبات الوضع الإستقلابي في الجسم:

يجب أن تكون حرارة الجسم طبيعية حيث أن الحمى تترافق بزيادة إنتاج CO2 وبالتالي زيادة متطلبات التهوية، كما يجب أن يكون مستوى الشوارد (البوتاسيوم، المغنزيوم، الفوسفور، الكالسيوم) ضمن الحدود الطبيعية إذ أن نقصها يؤدي إلى ضعف الوظيفة العضلية واضطراب استقلاب البروتينات.

إن القلاء الإستقلابي يضعف مركز التحكم التنفسي بينما تكون وظيفة انقباض العضلات أضعف في الوسط الحامضي. إن فقر الدم الشديد يؤدي إلى تفعيل مركز التحكم التنفسي ويزيد من النتاج القلبي لكي يحافظ على مستوى ثابت من إيصال الأكسجين للأنسجة.

يجب أيضا الانتباه للدعم الغذائي الجيد (تقليل الهدم البروتيني) مع تقليل الكربوهيدرات في الحمية. وأخيرا فإن فطم المريض المتألم أمر في غاية الصعوبة خاصة بعد الرضوض أو جراحة الصدر وأعلى البطن.

معايير الجاهزية للبدء بمحاولة الفطام:

سريريا:

- زوال الطور الحاد للإصابة المرضية التي استدعت التهوية الآلية.
- اعتقاد الطبيب بقدرة المريض على إتمام الفطام.

موضوعيا:

- المريض واعي GSC > 13، متجاوب، متعاون.
- سلامة منعكس السعال وفعاليته (NIP <-20 mm Hg).
- حالة الأكسجة جيدة (PaO2>60mmHg مع PEEP<10 وFiO2<40%، PaO2/FiO2 > 150-200).
- حالة التهوية جيدة (RR<30b/min، MV<12 L/min).
- ثبات الوضع الهيمودناميكي (HR < 140، ثبات قيم الضغط الشرياني، استعمال الدواعم القلبية في حدوده الدنيا مثال Dopamin < 5 µg/kg/min).
- غياب الحرارة (T° < 38° C).
- لا يوجد حماض تنفسي هام (PH>7.25).
- قيم خضاب جيدة (Hb > 8-10).
- مستوى الشوارد ضمن الطبيعي.

إن أفضل مشعر للتنبؤ بنجاح عملية الفطام هو استجابة المريض لتجربة التنفس العفوي SBT حتى في حال عدم تحقق جميع معايير نجاح الفطام.

يعد NIP (الضغط السلبي الشهيقي الأعظمي) المشعر الأفضل لفشل عملية الفطام وذلك عندما يفشل المريض بتوليد ضغوط سلبية مناسبة للسعال والتخلص من المفرزات (NIP>-20mm Hg).

يقيم مشعر التنفس السطحي السريع RSBI كفاية وظيفة التهوية الرئوية حيث يحسب من تقسيم معدل الحركات التنفسية على الحجم الجاري (مقاساً بالليتر). إن ارتفاع قيمته RSBI>105 يعني فشل عملية الفطام بنسبة 85٪ بينما إذا كانت النسبة RSBI<105 فإن نسبة النجاح تصل حتى 80٪.

استراتيجيات عملية الفطام:

هناك عدة طرق حاليا للبدء بعملية الفطام:

- تجربة التنفس العفوي SBT.
- نظام PSV.
- نظام SIMV.

إن القاعدة الأساسية هي الا نسبب إنهاك المريض، حيث لا تسبب الشدة المرافقة لعملية الفطام تعب العضلات التنفسية واستنفاذ طاقة المريض من أجل المحاولات الأخرى.

تجربة التنفس العفوي SBT:

الطريقة الأنسب لتحري قدرة المريض على الفطام عن المنفسة. يمكن إجراء هذه التجربة مع بقاء المريض موصولا إلى المنفسة مع السماح له بالتنفس العفوي مع تطبيق ضغط إيجابي أثناء الزفير (نظام CPAP مع قيمة PEEP=5) أو يمكن فصله عن المنفسة وتزويده بالأكسجين عبر مصدر خارجي (الوصلة T). أثناء استعمال الوصلة T يستطيع المريض التنفس عفويا خلال الأنبوب الرغامي عبر تلك الوصلة التي يزود أحد طرفيها بمصدر للأكسجين والطرف الآخر يسمح للهواء المزفور بالخروج. لا يوجد أي إثبات يدل على تفوق أحد هذه الطرق في نجاح عملية الفطام.

إن التنفس عبر الوصلة T يتطلب مجهودا تنفسيا عاليا حيث أن نجاح هذه المحاولة وتحمل المريض لها لمدة مناسبة يجعل احتمال نجاح الفطام عالياً. عند فشل المحاولة يمكن إرجاع المريض إلى المنفسة ببساطة، حيث يمكن تكرار المحاولة في اليوم التالي (24 ساعة).

إن استعمال دارة CPAP يقدم فائدة التغلب جزئيا على الجهد التنفسي الناتج عن الأنبوب الرغامي ويمنع إنخماص الطرق الهوائية الزفيري كما أنه يسمح بإعطاء مقادير محددة من الأكسجين ومراقبة الحجم الجاري ومعدل التنفس وذلك لحساب RSBI.

يتم مراقبة تحمل المريض لتجربة التنفس العفوي حيث يوضع على فترات متزايدة تدريجيا. يمكن فطم 80٪ من المرضى الذين ينجحون في اتمام مدة 30-120 دقيقة من التنفس العفوي على الوصلة T حيث يعتبر المريض بعدها جاهزا لنزع التنبيب. بالنسبة للمرضى المعتمدين على المنفسة (بقاء مدة تزيد عن أسبوع على المنفسة) يجب أن تنجح تجربة التنفس العفوي لمدة 8 ساعات على الأقل لنضمن نجاح عملية الفطام.

نظام P.S:

يوضع المريض على نظام الدعم الضغطي P.S حيث يتم تقليل مستوى الدعم الضغطي المقدم تدريجيا مع مراقبة أداء المريض في المحافظة على قيم مناسبة لـ Vt وRR.

إن مستوى P.S المفضل هو المستوى الذي يمنع تفعيل العضلات التنفسية المساعدة. يتم تقليل مستوى P.S تدريجياً على أساس ثابت (من ساعات لأيام) إلى المستوى الأدنى المطلوب لمعاكسة مقاومة الأنبوب الرغامي، ويختلف ذلك حسب قطر الأنبوب الرغامي المستخدم (حوالي 7 بالنسبة للأنبوب الذي قطره 7.5 وأكبر من ذلك للأقطار الأقل) أو كونه قنية خزع رغامي (حوالي 3). عند الوصول لذلك المستوى والمحافظة على التبادل الغازي السوي ونموذج التنفس يمكن إيقاف التهوية الآلية.

نظام SIMV:

يمكن تقليل معدل الحركات الإجبارية المقدمة للمريض تدريجياً حتى الوصول إلى تنفس عفوي تام للمريض. لقد أدى استعمال هذا النظام لوحده (دون P.S) إلى أسوأ النتائج في مجال الفطام حيث أنه يؤدي إلى عدم تزامن مع المنفسة كما يزيد من المجهود التنفسي بشكل كبير.

مؤشرات نجاح محاولة الفطام:

- المحافظة على تبادل غازي جيد:

.(SaO2>85-90%, PaO2>50-60 mm Hg , PH>7.32 , ΔPaCO2<10 mm Hg)

- ثبات الوضع الهيموديناميكي:

.(90< Sys BP<180-200 or ΔBP<20% HR<140b/min or ΔHR<20%)

- نموذج تنفس منتظم:

.RR<30-35 b /min or ΔRR<50%

مؤشرات فشل محاولة الفطام:

- **تبدل مستوى الوعي** (نعاس، سبات، هياج، قلق).
- **عدم ارتياح المريض.**
- **تعرق.**
- **علامات الإجهاد التنفسي** (استعمال العضلات التنفسية المساعدة، حركة بطن وجدار صدر عجائبية).
- **خلل أحد مؤشرات نجاح الفطام السابقة.**

أسباب فشل عملية الفطام:

إن فصل المريض عن جهاز التهوية الآلية غالباً ما يؤدي لشعوره بالزلة التنفسية وبالتالي فإنه يقوم بالتنفس سريعا حتى لو كانت وظيفة التهوية لديه جيدة. لذا لا بد من تمييز هذه الحالة عن حالة فشل التهوية التي تستدعي استمرار التهوية الآلية.

إن القلق غالبا ما يسبب فرط التهوية ولكن عادة يرافق ذلك زيادة في الحجم الجاري بينما يؤدي فشل التهوية إلى زيادة معدل الحركات التنفسية وانخفاض الحجم الجاري. كما أن عيار PaCO2 يوجهنا نحوالحالة حيث أن انخفاض قيمة PaCO2 يدل على أن عملية التهوية جيدة وأن المشكلة هي القلق (قد يتطلب ذلك استعمال

المركنات بجرعات منخفضة). بالمقابل فإن كون عيار PaCO2 طبيعيا أو عالياً فذلك يدل على عدم كفاية التهوية وضرورة العودة للتهوية الآلية.

عند فشل عملية الفطام يجب إعادة المريض لجهاز التهوية الآلية وتأمين الراحة المناسبة، ثم يتم البحث الدقيق عن أسباب فشل الفطام وتصحيحها إن أمكن. يمكن البحث عن الأسباب التالية عند فشل عملية الفطام:

- إنهاك المريض أثناء محاولات الفطام المتعددة.
- وجود Auto PEEP.
- المجهود التنفسي عالي.
- سوء التغذية.
- زيادة الكربوهيدرات في الحمية (تزيد من إنتاج CO_2).
- قصور القلب الأيسر: يمكن استعمال نظام CPAP كجسر يصل بنا إلى الفطام النهائي.
- نقص الشوارد (البوتاسيوم، المغنزيوم، الكالسيوم، الفوسفات).
- الخمج، الحرارة: تزيد استهلاك الأكسجين وإنتاج CO_2.
- قصور أعضاء رئيسية.

بروتوكول عملية الفطام:

يتم مراقبة مريض التهوية الآلية بشكل مستمر. عند تحقق معايير الفطام يمكن البدء بتجربة التنفس العفوي (الوصلة T أو نظام CPAP). يمكن إتباع الإجراءات التالية:

1. تأكد من جاهزية المريض للبدء بالفطام. تجرى محاولات الفطام صباحا حيث يكون الطاقم الطبي مكتملاً ويكون المريض مرتاحاً تماماً.
2. ابدأ بوضع المريض على الوصلة T لمدة 5-10 دقائق.
3. عند تحمل المريض لـ SBT، استمر بها حتى 2 ساعة (فترات متقطعة حسب التحمل).

4. إذا كان المريض جاهزاً لنزع التنبيب (واعي، متجاوب، قادر على حماية الطرق الهوائية، منعكس السعال جيد): أجلس المريض في السرير واشرح ما تنوي القيام به.

5. تأكد من إمكانية التسريب الهوائي حول الأنبوب الرغامي (Cuff leak) حيث يتم إفراغ البالون الهوائي للأنبوب الرغامي ويتم سد الأنبوب الرغامي بالأصبع سريعاً، حيث يتم سماع التسريب الهوائي بإصغاء العنق. إن غياب التسريب الهوائي ليس مضاد استطباب لنزع التنبيب لكنه يجب أن ينبه الطبيب إلى إمكانية وجود وذمة حنجرية (خاصة في ظروف إعادة التنبيب).

6. قم بسحب المفرزات حول الأنبوب الرغامي وضمنه ثم انزع التنبيب.

7. عند فشل SBT: أعد المريض إلى المنفسة وأمن التركين والتسكين المناسب له.

8. أعد إجراء SBT مرة كل 24 ساعة.

9. الفشل المتكرر: خذ بعين الاعتبار إجراء الخزع الرغامي.

نزع التنبيب:

هناك أمران هامان قبل نزع التنبيب الرغامي: هل المريض قادر على حماية الطرق الهوائية وطرد المفرزات لديه ؟ ثم هل هناك أذية حنجرية هامة تسيء لعملية التهوية بعد نزع التنبيب؟

حماية الطرق الهوائية:

يجب أن يكون المريض واعياً ومتعاوناً ومطيعاً للأوامر قبل إزالة الأنبوب الرغامي. تتحدد القدرة على حماية الطرق الهوائية من خلال منعكس السعال. يمكن تقدير فعالية السعال من خلال وضع قطعة من الورق على بعد 2 سم من نهاية الأنبوب الرغامي حيث نطلب من المريض السعال، عند ظهور أثر للرطوبة على قطعة الورق فذلك يدل على كفاية السعال.

الوذمة الحنجرية:

تحدث عند 40٪ من مرضى التهوية الآلية ويعاني 5٪ من المرضى من انسداد طرق تنفسية علوية هام تالي لنزع التنبيب. يمكن تقدير الوذمة من خلال اختبار التسريب الهوائي حول الأنبوب حيث أن وجود التسريب يعني غياب تضيق هام على مستوى الحنجرة. هناك دراسات متضاربة حول دور الستيروئيدات في علاج وذمة الحنجرة الرضية، عند تطور صرير تالي لنزع التنبيب الرغامي (وذمة حنجرة) يمكن إرذاذ الأدرينالين (2.5 مل من المحلول 1٪) خاصة لدى الأطفال.

يجب الا يزال الأنبوب الرغامي بالاعتماد على الافتراض بأن التنفس سيكون أكثر سهولة للمرض بعد نزعه.

ملحقات في التهوية الآلية

الأنبوب الرغامي:

يبلغ طول الأنبوب الرغامي حوالي 25-35 سم ويتم تقدير حجمه بالاعتماد على القطر الداخلي للأنبوب حيث يتراوح من (5-10 ملم). إن الأنبوب الرغامي يزيد من إعاقة الجريان الهوائي حيث يتناسب ذلك طردا مع طول الأنبوب وعكسا مع قطره الداخلي. يؤدي ذلك إلى زيادة المجهود التنفسي المبذول من قبل المريض. يجب أن يكون قطر الأنبوب الرغامي 7 ملم على الأقل ويفضل أن يكون 8 ملم وذلك لتقليل تأثير الأنبوب على المجهود التنفسي.

يمكن إدخال الأنبوب الرغامي عبر الأنف أو عبر الفم. من اختلاطات التنبيب الأنفي: الرعاف، التهاب الجيوب (يحدث بسبب الأنبوب الأنفي المعدي أيضا حيث يجب التفكير به عند عدم وجود مصدر واضح للترفع الحروري عند مريض المنفسة)، أذية المخاطية الأنفية. من إختلاطات التنبيب الفموي: رض المخاطية الفموية البلعومية، أذية الأسنان، عض الأنبوب من قبل المريض. يحدث الرض الحنجري في كلا نوعي التنبيب.

يجب التأكد من موقع نهاية الأنبوب الرغامي بعد إجراء التنبيب ومن ثم يجرى ذلك روتينياً على أساس ثابت حتى يتم نزع التنبيب أو التحول نحو الخزع الرغامي. عندما يكون رأس المريض على الخط الناصف: يقع الحبلان الصوتيان عند مستوى المسافة بين الفقرتين الرقبيتين الخامسة والسادسة، بينما يقع المهماز القصبي عند مستوى المسافة بين الفقرتين الصدريتين الرابعة والخامسة. يجب أن تقع نهاية الأنبوب الرغامي أعلى من المهماز القصبي بـ 3-5 سم وفي منتصف المسافة بين الحبلين الصوتيين والمهماز القصبي. إن عطف وبسط الرأس يمكن أن يحرك الأنبوب الرغامي حوالي 2 سم. إن تحريك الأنبوب الرغامي أثناء سحب المفرزات وتحريك الرأس قد يسبب هجرته والتي عادة ما تحدث في القصبة الرئيسية اليمنى. يمكن

مراقبة حدوث ذلك من خلال مراقبة موقع الأنبوب الرغامي: يجب الا يتجاوز عند مستوى القوس السنية مسافة 21 سم عند النساء و23 سم عند الرجال. إن السبب الرئيسي لإجراء خزع رغامي عند طول فترة التنبيب الرغامي هو منع حدوث أذية حنجرية. قد يحدث تقرح مخاطي، حبيبومات، خزل حبلين صوتيين، وذمة حنجرية (5٪) من الحالات. عادة تتراجع الأذية خلال عدة أسابيع من نزع التنبيب دون أن تسبب أذية دائمة.

خزع الرغامى:

إجراء مفضل عند المرضى الذين يتطلبون فترات مطولة من التهوية الآلية حيث يؤمن لك إرتياحاً أكبر لمريض وقدرة أكبر على سحب المفرزات إضافة لتقليل المقاومة للتنفس وتقليل حدوث أذية الحنجرة الرضية. يمكن لمرضى الخزع الرغامي تناول الطعام فمويا إذا كانت وظيفة البلع سليمة لديهم. بعد مرور 5-7 أيام على التنبيب الرغامي يجب تقييم إحتمال بقاء المريض على المنفسة في الأسبوع التالي فإذا كان ذلك الإحتمال مرتفعا يفضل إجراء الخزع الرغامي.

من إختلاطات الخزع الرغامي الموضعية: النزف الموضعي والإنتان. من الإختلاطات المتأخرة الهامة: التضيق الرغامي والذي يظهر خلال الأشهر الست الأولى بعد إزالة الخزع. يكون التضيق عادة مكان الخزع السابق وتبلغ نسبة حدوثه 0-15٪ من الحالات ويكون في أغلب الأحيان لا عرضي.

يجب الا يتجاوز الضغط في البالون الذي يثبت الأنبوب الرغامي أوقنية الخزع قيمة 25mm Hg (أقل من ضغط الشعريات الدموية في جدار الرغامى).

سحب المفرزات:

إن سحب المفرزات المتكرر أمر أساسي في تدبير مرضى التنبيب الرغامي. إن المفرزات القصبية تخلق غطاءاً داخلياً رقيقاً يغطي ظهارة الطرق الهوائية. يتألف هذا الغطاء الرقيق من طبقتين: طبقة محبة للماء تواجه سطح الظهارة مباشرة للحفاظ على رطوبتها، وطبقة كارهة للماء تطل على لمعة الطرق الهوائية.

هناك طرق عدة تستخدم لتسهيل سحب المفرزات خاصة عندما تكون لزجة وغزيرة. من هذه الطرق حقن سيروم ملحي في القصبات وإجراء حركتي نفخ بالآمبواليدوي ثم إجراء السحب. إن هذه الطريقة غير منصوح بها لسببين: الأول أن زيادة لزوجة المفرزات القصبية لا يعود للطبقة المحبة للماء بل الطبقة الكارهة للماء، وبالتالي فإن حقن السيروم الملحي سوف لن يقلل من لزوجة المفرزات. المشكلة الثانية هي نشر الإنتان، حيث أن الجراثيم تشكل طبقة فيلم حيوي على السطح الداخلي للأنبوب الرغامي وقنية الخزع. إن حقن هذا السائل سوف يحرك هذا الفيلم الحيوي ويشكل وسيلة لنقل الجراثيم إلى الطرق التنفسية السفلية.

من الطرق الفعالة: العلاج الحال للمفرزات، مثال: N-Acetylcysteine والذي هو عامل حال للمخاط وهو فعال في تخفيف لزوجة المخاط وبالتالي تسهيل سحب المفرزات.

من المناورات المستخدمة أيضا المعالجة بفرط نفخ الرئة بواسطة الآمبوولكن لا يوجد إثبات حول فائدة هذه الطريقة كما أنها قد تزيد من خطورة أذية الرئة.

أثناء سحب المفرزات يفضل استعمال قثطرة ذات رأس كليل حيث يمكن إمالة رأس المريض للأيسر عند الرغبة بسحب المفرزات من القصبة الرئيسة اليمنى وبالعكس.

من اختلاطات عملية سحب المفرزات: نقص الأكسجة، الإنخماص السنخي (خاصة عند القيم العالية لـ PEEP)، التلوث، إضطرابات النظم القلبي، زيادة الضغط ضمن القحف، التشنج القصبي، السعال.

وسائل تقليل اختلاطات سحب المفرزات:

- رفع FiO2 حتى 100٪ قبل البدء.
- استعمال قياس القثطار المناسب للسحب.

- استعمال أقل مقدار ممكن من الضغط السبي أثناء السحب (أقل من 150mm Hg).
- الدفع اللطيف للقثطرة ضمن الطرق الهوائية.
- تحديد وقت كل محاولة سحب بـ 15 ثا.
- السماح بسحب المفرزات فقط أثناء سحب القثطرة من الأنبوب الرغامي.

الوقاية من قرحات الشدة عند مرضى التهوية الآلية:

يعتبر كل مما يلي من عوامل الخطورة الرئيسية لحدوث قرحات الشدة: القصور التنفسي، اعتلال التخثر، الإنتان sepsis، الصدمة، القصور الكلوي، القصور الكبدي.

يمكن الوقاية من قرحات الشدة عند مرضى التهوية الآلية باستعمال كل من Ranitidine, Sucralfate. يترافق Ranitidine بنسبة أقل لحدوث النزف الهضمي، بينما يترافق Sucralfate بنسبة أقل لحدوث ذات الرئة المشفوية.

إن ذات الرئة المشفوية تعد الإختلاط الرئيس للوقاية من قرحات الشدة. يجب الانتباه إلى أن الـ Sucralfate يؤدي إلى نقص الفوسفور (قد يؤدي ذلك إلى صعوبة إتمام الفطام).

الوقاية من الخثار الوريدي العميق عند مرضى التهوية الآلية:

من الأمور الهامة عند مرضى التهوية الآلية حيث أنهم يقعون تحت خطورة الخثار والصمة الرئوية. يمكن تحقيق الوقاية باستعمال الهيبارين العادي أو منخفض الوزن الجزيئي بالجرعات الوقائية.

التهوية الآلية عند الولدان

مقدمة:

لا تختلف التهوية الآلية عند الأطفال والولدان كثيراً عن مثيلتها لدى البالغين حيث يتم اعتماد نفس الأنظمة في التهوية ونفس المنفسات أحياناً.

هناك بعض السمات المميزة لتهوية الأطفال نسبة للبالغين منها الإعتبارات التشريحية المتعلقة بقطر الأنبوب الرغامي وطوله إضافة للخواص الميكانيكية للرئة عند الأطفال (قصبات أصغر قطراً وبالتالي مقاومة عالية نسبياً، والنسيج الرئوي أقل تطوراً وبالتالي فالمطاوعة منخفضة نسبياً)، تزول هذه الاعتبارات بحوالي عمر 7-9 سنة.

إضافة لذلك فإن معدل الإستقلاب العالي لدى الولدان والرضع يجعل حجم التهوية المطلوب بالدقيقة عالياً في الأحوال الطبيعية، وبما أن الحجوم الرئوية منخفضة أصلاً يكون معل الحركات التنفسية عاليا في الحالات الطبيعية ويختلف ذلك حسب العمر يبين (الجدول 8) معدل الحركات التنفسية الطبيعي نسبة للعمر عند الأطفال.

الجدول (8): معدل الحركات التنفسية الوسطي

العمر	معدل الحركات التنفسية الوسطي
الولدان:	40/min
6 اشهر:	30/min
سنتين:	20/min
خمس سنوات:	15/min
8-12 سنة:	12/min

بالنسبة للتنبيب الرغامي يتم استعمال أنابيب أصغر عند الأطفال ويتم تحديد قياس الأنبوب حسب العمر حيب القاعدة التالية:

قياس الأنبوب = (العمر بالسنوات/ 4)+ 4

كما يتم معرفة موقع الأنبوب الصحيح نسبة للعمر أيضا إذ انه يجب أن يبعد عن القوس السنية مسافة محددة تبلغ:

موقع الأنبوب = (العمر بالسنوات/ 2) + 12

التهوية الآلية:

بالنسبة لإستطباب بدء التهوية الآلية عند الأطفال فهي تقريبا نفسها عند البالغين (القصور التنفسي بنقص الأكسجة PaO2<60mm Hg مع FiO2>60%، والقصور التنفسي بفرط الكاربامية PaCO2>50 mm Hg، إضافة لتوقف التنفس والقصور التنفسي الوشيك الذي نستدل عليه من علامات العسرة التنفسية وازدياد المجهود التنفسي).

عادة يتم تقديم الدعم التنفسي للأطفال بطريقة التهوية مضبوطة الضغط Pressure Control حيث يتم تطبيق ضغط إيجابي ثابت في الطرق الهوائية (Inspiratory Pressure) لمدة زمنية ثابتة (Ti) قبل أن تتحول المنفسة للزفير بعد إنقضاء زمن الشهيق (Time-Cycled). يكون الحجم الجاري Vt الناتج متبدلا من حركة تنفسية لأخرى (راجع بحث التهوية الآلية مضبوطة الضغط P.C ص 80).

يمكن استعمال أنظمة التهوية المختلفة وذلك حسب الإستطباب ولكن بطريقة التهوية مضبوطة الضغط (CMV, A/C, SIMV). يمكن أيضا استعمال نظام الدعم الضغطي P.S ونظام CPAP في بعض الحالات التي يكون فيها التنفس العفوي جيدا وكمرحلة قبيل الفطام.

الحالات المرضية:

يجب الإنتباه في البدء أنه أثناء التهوية بطريقة ضبط الضغط Pressure Control فإن الضغط الشهيقي القمي (PIP) أو الضغط الشهيقي (IP) يعبر عن الضغط المطبق على الطرق الهوائية والأسناخ طيلة فترة الشهيق، لذا فهو يعادل ضغط الصفحة Pplat

في نظام التهوية مضبوطة الحجم وليس الضغط الشهيقي القمي (PIP)، ولذلك ومنعا للإلتباس بين المصطلحين فإننا سنعبر عن الضغط المطبق في التهوية مضبوطة الضغط باسم الضغط الشهيقي IP.

عند وضع الطفل على المنفسة لإستطباب ما يجب تحديد الحالة الميكانيكة للرئة حيث يمكننا تمييز ثلاث حالات: رئة طبيعية مع طرق هوائية سليمة، إصابة برانشيم رئوي (نقص المطاوعة)، إصابة طرق هوائية (ازدياد المقاومة).

من الأمثلة على حالة الرئة طبيعية والطرق سليمة: التهاب الدماغ، الرضوض العصبية، نقص مستوى الوعي GCS<8، الإنسمامات الدوائية، غيلان باريه، الحثول العضلية. من الأمثلة على حالات نقص المطاوعة الرئوية: ARDS، نزف رئوي منتشر، داء الأغشية الهيالينية HMD، وذمة الرئة الحادة، ذات الرئة المنتشرة.

من الأمثلة على إصابة الطرق الهوائية: الربو، التهاب القصيبات الشعرية.

حالة رئة طبيعية وطرق هوائية سليمة:

تكون التهوية الآلية في هذه الحالات سهلة نسبياً إذ لا مشكلة في الأكسجة إنما فقط تحقيق معدل جيد من التهوية. قد يكون معدل الحركات التنفسية المستخدم اقل بقليل من الطبيعي نسبة للعمر حيث أننا نستخدم ضغطاً شهيقياً يحقق حجماً جارياً أعلى بقليل من القيم الطبيعية (حوالي 10ml/kg).

حالة إصابة برانشيم رئوي:

تتميز هذه الإصابات بوجود إصابة سنخية منتشرة مع نسبة شنط عالية، تؤدي إلى نقص أكسجة شديد مع زيادة المجهود التنفسي إضافة لنقص السعة الوظيفية الباقية.

يكون الهدف من التهوية هو تقليل حجم الشنط (فتح الأسناخ المنخمصة) وتقليل المجهود التنفسي. يفضل استعمال حجوم منخفضة في التهوية مع استعمال معدل حركات تنفسية عالي (قياسا بالوسطي نسبة للعمر) وذلك بسبب انخفاض ثابت الزمن للوحدات السنخية. يمكن السماح بفرط الكاربامية عند الضرورة وذلك عند الوصول إلى قيم عظمى للضغط الشهيهي ومعدل الحركات التنفسية.

حالة إصابة طرق هوائية:

في هذه الحالات المرضية يكون هناك وذمة وتشنج وتضيق ومفرزات غزيرة في الطرق الهوائية تؤدي إلى زيادة المقاومة عبرها للجريان الهوائي.

في هذه الإصابات يكون هناك زيادة في حجم الشنط الرئوي والحيز الميت مع الميل للاحتباس الهوائي Auto PEEP بسبب زيادة قيمة ثابت الزمن نسبة للوحدات السنخية. عند وضع الإعدادات لا بد من الحفاظ على زمن زفير كافي لإنفراغ الأسناخ لذا نستعمل حجوماً متوسطة في التهوية مع معدل حركات تنفسية أقل من الوسطي نسبة للعمر.

الإعدادات البدئية:

- **FiO2** : يجب الحفاظ على قيم SatO2>90% قدر الإمكان.
- **IP** : عند اختيار قيمة الضغط الشهيقي يجب استعمال الحجم الجاري الذي يسبب حركة جيدة لجدار الصدر ودخولاً جيدا للهواء داخل الأسناخ. يمكن استعمال قيم بدئية (14-20cm H2O). يمكن أن تصل قيم IP حتى 30-40cm H2O في حالات نقص المطاوعة الرئوية.
- **Ti** : يعتمد على العمر وعلى تواتر التنفس المستخدم. تكون قيمته الوسطية : 0.7-0.4 ثانية للولدان و1-0.5 ثانية بالنسبة للأطفال الأكبر سنا واليافعين.
- **PEEP** : يمكن البدء بقيم 3-4cm H2O لاستعادة FRC.

يبين الجدول 9 الإعدادات البدئية للتهوية حسب الإصابة الرئوية.

طرق تحسين الأكسجة:

1. زيادة FiO2.
2. زيادة MAP:

- زيادة IP (Vt).
- زيادة PEEP.
- زيادة Ti.

طرق تحسين فرط الكاريامية:

يتم ذلك من خلال تحسين التهوية السنخية وتقليل الحيز الميت:

1. زيادة Rate.
2. زيادة IP (Vt).

الفطام:

يعتبر عملية أكثر سهولة عند الأطفال، ويتم عادة عبر دارة CPAP أو نظام P.S. يجب ملاحظة أننا أثناء التهوية مضبوطة الضغط يتم تخفيض الضغط الشهيقي تدريجيا قبل التحول إلى P.S أو CPAP.

الجدول (9): الإعدادات البدئية للتهوية عند الأطفال حسب الإصابة الرئوية

	رئة طبيعية، طرق هوائية سليمة		إصابة برانشيم رئوي	إصابة طرق هوائية
Vt (المرغوب)	**8-12ml/kg**		**10-12ml/kg** قد تكون الحجوم أقل لمنع استخدام ضغوط عالية	**10-12ml/kg** قد تكون الحجوم أقل لمنع الاحتباس الهوائي
PIP	**20-25cm H2O** مراقبة حركة جدار الصدر وVt.		قيم أعلى عادة	قيم أعلى عادة
Rate	ولدان	**40**	معدلات أعلى	معدلات أقل
	6 m	**30**		
	2 y	**20**		
	5 y	**15**		
	8-12 y	**12**		
I:E	**1:2**		**1:1 - 1:2**	**1:3 - 1-4**
PEEP	**2-4 cm H2O**		**6-10 cm H2O**	**2-3 cm H2O**
FiO2	عادة < **0.5**		**1**، ثم تقلل حسب **SaO2**.	**1**، ثم تقلل حسب **SaO2**

References

- Essentials of Mechanical Ventilation, Dean R. Hess, Robert M. Kacmarek , 2nd edition, 2002.
- Washinghton Manual of Int Medicine 31th edition 2004.
- Critical Care Handbook, Mass General Hospital, 4th edition, 2006, Luca M. Bigatello.
- HandBook of Evidence-Based Critical Care, 2002, Paul Ellis Marik.
- Critical care skills 8th edition 2004.
- Harrison's Principles of Internal Medicine 16th Edition 2005, Mechanical Ventilation .
- Nelson, Text Book of Pediatrics, 17th edition, 2004 Mechanical Ventilation.
- ICU Book,Marino, Paul L. 3rd Edition 2007, Mechanical Ventilation.
- Patrick Neligan, Mechanical Ventilation in Critical Care, www.ccmtutorials.com.
- Mazen Kherallah, Principles of Mechanical Ventilation www.icumedicus.com.
- Charles Gomersall, Mechanical ventilation Troubleshooting.
- Ryland P Byrd Mechanical Ventilation, www.emedicine.com.

- Sat Sharma, Respiratory Failure, www.emedicine.com.
- David Zobeck ,Ventilator Waveforms.
- Yaseen Arabi, Pathophysiology of Respiratory Failure, Mechanical Ventilation Course , 11/2006 Hama , Syria.
- Dr. Nehad Al Shirawi, Interpretation of Ventilator Graphics, Mechanical Ventilation Course, 11/2006 Hama, Syria..
- P. Milo Frawley, and Nader M. Habashi, Airway Pressure Release Ventilation: Theory and Practice. AACN Clinical Issues Vol. 12, No. 2 May 2001.
- Gregory A. Schmidt, Mechanical Ventilation,ACCP Critical Care Board Review 2003.
- Sonia F. Howman, Mechanical Ventilation:A Review and Update for Clinicians , Hospital Physician December 1999.
- Urvashi Bhan, Robert C Hyzy, Conventional mechanical ventilation , UpToDate 14.2 , 2006.
- Kenneth Lyn-Kew, Robert C Hyzy, Physiologic and pathophysiologic consequences of positive pressure ventilation , UpToDate 14.2 , 2006.
- David A Kaufman, Barry Fuchs, Gregg Lipschik, Assessment of respiratory distress in the mechanically ventilated patient , UpToDate 14.2 , 2006.

- Mark D Siegel,Robert C Hyzy, Mechanical ventilation in acute respiratory distress syndrome , UpToDate 14.2 , 2006.
- Amal Jubran, Martin J Tobin, Mechanical ventilation in acute respiratory failure complicating COPD , UpToDate 14.2 , 2006.
- Homer A Boushey, Rajeev Venkayya, Mechanical ventilation in adults with status asthmaticus, UpToDate 14.2 2006.
- Amal Jubran, Martin J Tobin, Methods of discontinuing mechanical ventilation , UpToDate 14.2 , 2006.
- Amal Jubran, Martin J Tobin, Objective predictors of weaning outcome , UpToDate 14.2 , 2006.
- John Osterholzer,Robert C Hyzy, Permissive hypercapnic ventilation , UpToDate 14.2 , 2006.
- MeiLan King Han, Robert C Hyzy, Positive end-expiratory pressure (PEEP) , UpToDate 14.2 , 2006.
- Arthur S Slutsky, Inflammatory mechanisms of lung injury during mechanical ventilation , UpToDate 14.2 , 2006.
- Nicholas S Hill, Naomi R Kramer, Troubleshooting problems with noninvasive positive pressure ventilation, UpToDate 14.2, 2006.

الفهرس

هذا الكتاب

- أحد الكتب القلائل المعدة باللغة العربية في مجال التهوية الآلية.
- تم انتقاء مواضيعه بعناية مع مراعاة التبسيط قدر الإمكان والمحافظة على دقة المعلومات و التوثيق من المصادر.
- يحتوي على شرح تفصيلي لأهم أنظمة التهوية الآلية المستخدمة في أقسام العناية المشددة.
- يتضمن بحثا مفصلا لموضوع التهوية الآلية غير الغازية **NPPV**.
- مناقشة خصوصيات التهوية الآلية عند الأطفال والولدان.
- يحتوي على عرض تفصيلي لأهم الحالات المرضية التي تتطلب التهوية الآلية مع مناقشة الإعدادات الخاصة بكل حالة.
- يحتوي على بحث خاص بأنظمة التهوية الحديثة ثنائية الضبط و نظام **APRV**.
- خطوة صغيرة في سبيل تطوير التعليم الطبي وتحسين الممارسة السريرية في أقسام العناية المشددة.

